



TUGAS AKHIR – TF 095565

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* KADAR CH_4 , CO_2
DAN H_2S PADA PROSES PURIFIKASI BIOGAS DENGAN *WATER*
SCRUBBER SYSTEM BERBASIS ATMEGA 128**

**ENDLYS DEVIRA YONANDO
NRP 2414 031 030**

**Dosen Pembimbing
Ir. Tutug Dhanardono, MT
NIP. 19520613 198103 1 004**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



TUGAS AKHIR – TF 095565

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* KADAR CH_4 , CO_2
DAN H_2S PADA PROSES PURIFIKASI BIOGAS DENGAN *WATER*
SCRUBBER SYSTEM BERBASIS ATMEGA 128**

**ENDLYS DEVIRA YONANDO
NRP 2414 031 030**

**Dosen Pembimbing
Ir. Tutug Dhanardono, MT
NIP. 19520613 198103 1 004**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT - TF 095565

**DESIGN OF MONITORING SYSTEMS CH_4 , CO_2 AND H_2S
CONCENTRATION AT THE PROCESS OF BIOGAS PURIFICATION
WITH WATER SCRUBBER SYSTEM BASED ON ATMEGA 128**

**ENDLYS DEVIRA YONANDO
NRP 2414 031 034**

Supervisor
Ir. Tutug Dhanardono, MT
NIP. 19520613 198103 1 004

**D3 INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF VOCATION
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
KADAR CH_4 , CO_2 DAN H_2S PADA PROSES
PURIFIKASI BIOGAS DENGAN *WATER SCRUBBER*
SYSTEM BERBASIS ATMEGA 128**

TUGAS AKHIR

Oleh :

Endlys Devira Yonando
NRP. 2414 031 030

Surabaya, 21 Juli 2017
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



Ir. Tutug Dhanardono, M.T
NIP. 19520613 198103 1 004

Kepala Departemen
Teknik Instrumentasi FV – ITS



Dr. Ir. Purwadi Agus D, M.Sc.
NIP. 19620822 198803 1 001





**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KADAR
CH₄, CO₂ DAN H₂S PADA PROSES PURIFIKASI BIOGAS
DENGAN *WATER SCRUBBER SYSTEM* BERBASIS
ATMEGA 128**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi D3 Teknik Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Endlys Devira Yonando
NRP. 2414 031 030

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Tutug Dhanardono, MT  (Dosen Pembimbing)
2. Andi Rahmadiansah, ST., M.T.  (Ketua Tim Penguji)
3. Arief Abdurrahman, ST., MT  (Dosen Penguji 1)
4. Hendra Cordova, ST., MT.  (Dosen Penguji 2)

**SURABAYA
JULI 2017**

RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* KADAR CH₄, CO₂ DAN H₂S PADA PROSES PURIFIKASI BIOGAS DENGAN *WATER SCRUBBER SYSTEM* BERBASIS ATMEGA 128

Nama Mahasiswa : ENDLYS DEVIRA YONANDO
NRP : 2414 031 030
Program Studi : D III Teknik Instrumentasi
Departemen : Teknik Instrumentasi FV-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Tutug Dhanardono, MT

ABSTRAK

Sistem monitoring gas CH₄, CO₂, dan H₂S dalam biogas adalah mutlak diperlukan untuk memastikan keamanan dan melindungi peralatan serta untuk pemantauan kualitas gas tersebut. Dengan menggunakan sensor MQ-4, MG811 dan MQ-136 diproses melalui ATmega128 dan ditampilkan pada LCD4x20 yang disimpan pada SDcard secara *real time* menggunakan modul *openlog* dan DS1307. Sampai saat ini masih belum ada sistem *monitoring* kadar gas biogas pada *input* dan *output* kolom purifikasi secara *realtime*. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa *Monitoring* gas CH₄ dengan persamaan $Y=1021x^{-2.7887}$ pada *range* pengukuran 0-10000 memiliki nilai akurasi sebesar 0.29%, sensitivitas sebesar 0.258 mV/ppm dan *non*-linieritas sebesar 0.02% yang menghasilkan nilai kenaikan pada *outlet* kolom purifikasi sebesar 27.15%. Untuk *monitoring* gas CO₂ menggunakan sensor MG-811 dengan persamaan $Y=-17.644\ln(x) + 264.76$ pada *range* pengukuran 0-10000 memiliki nilai akurasi sebesar 0.42%, sensitivitas sebesar 0.0096 mV/ppm dan *non*-linieritas sebesar 0.3% yang menghasilkan nilai kenaikan pada *outlet* kolom purifikasi sebesar 7.16%. Dan sensor MQ-136 untuk mengukur kadar H₂S dengan persamaan $Y=39.996x^{-3.303}$ pada *range* pengukuran 0-100 memiliki nilai akurasi sebesar 1.32%, sensitivitas sebesar 0.2 V/ppm dan *non*-linieritas sebesar 0.18% yang menghasilkan penurunan nilai konsentrasi H₂S pada *outlet* kolom purifikasi sebesar 94.04%. Setelah dilakukan kalibrasi didapatkan nilai ketidakpastian (*Uexp*) pada sensor CH₄ sebesar 2.95, CO₂ sebesar 9.59 dan H₂S sebesar 2.77. Hasil pembacaan *monitoring input* dan *output* kolom purifikasi ini disimpan pada *memory* dengan kapasitas 16 GB dan dapat bertahan selama ± 10 tahun.

Kata kunci : *Monitoring*, MQ-4, MG-811, MQ-136, *openlog*, Purifikasi Biogas, RTC

**DESIGN OF MONITORING SYSTEMS CH_4 , CO_2 AND H_2S
CONCENTRATION AT THE PROCESS OF BIOGAS
PURIFICATION WITH WATER SCRUBBER SYSTEM
BASED ON ATMEGA 128**

Name of Student : ENDLYS DEVIRA YONANDO
NRP : 2414 031 030
Program Study : D III Teknik Instrumentasi
Departement : Teknik Instrumentasi FV-ITS
Supervisor : Ir. Tutug Dhanardono, MT

ABSTRACT

Gas monitoring systems CH_4 , CO_2 and H_2S in biogas are absolutely necessary to ensure safety and protect equipment and for monitoring of gas quality. Using the MQ-4, MG811 and MQ-136 sensors are processed through ATmega128 then the data will be displayed on LCD4x20 which is stored on SDcard in real time using openlog and DS1307 modules. Until now there is not monitoring system of biogas gas content in the input and output of purification column in realtime. Based on the test results obtained gas monitors CH_4 with the equation $Y = 1021x^{-2.7887}$ in 0-10000 measurement range has an accuracy value of 0.29%, sensitivity of 0.258 mV / ppm and non-linearity of 0.02% resulting in an increase in outlet of purification column of 27.15%. For monitoring of CO_2 gas using MG-811 sensor with the equation $Y = -17.644 \ln(x) + 264.76$ in 0-10000 measurement range has an accuracy value of 0.42%, sensitivity of 0.0096 mV / ppm and non-linearity of 0.3% that increase in purification column outlet by 7.16%. And the MQ-136 sensor to measure H_2S with equation $Y = 39.996x^{-3.303}$ on the measurement range 0-100 has an accuracy of 1.32%, the sensitivity of 0.2 V / ppm and non-linearity of 0.18% resulting in a decrease in H_2S concentration on Outlet purification column of 94.04%. After calibration is obtained the value of uncertainty (U_{exp}) on CH_4 sensor of 2.95, CO_2 of 9.59 and H_2S of 2.77. The results of reading input and output monitoring on this purification column are stored with the datalogger openlog module on memory with a capacity of 16 GB and can last approximately 10 years.

Keywords: Biogas Purification, Monitoring, MQ-4, MG-811, MQ-136, openlog, RTC

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KADAR CH₄, CO₂ DAN H₂S PADA PROSES PURIFIKASI BIOGAS DENGAN WATER SCRUBBER SYSTEM BERBASIS ATMEGA 128”** dengan tepat waktu. terselesaikannya laporan ini juga tak luput dari dukungan dan peran serta dari orangtua dan keluarga besar serta berbagai pihak. Untuk itulah dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr .Ir. Purwadi Agus D, M.Sc. selaku Ketua Departemen Teknik Instrumentasi FV-ITS.
2. Bapak Ir. Tutug Dhanardono, MT selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah membina dengan baik dan sabar.
3. Arief Abdurrahman ST., M.T selaku dosen mata kuliah energi terbarukan yang telah membimbing biogas tim.
4. Bapak Totok Ruki Biyanto selaku Dosen Wali penulis.
5. Kedua orang tua saya, kakak, adik dan seluruh anggota keluarga yang tidak henti-hentinya memberi semangat dan doa untuk menyelesaikan Tugas akhir ini.
6. Bapak Hariyanto selaku pemilik biogas di desa Nongkojajar-Pasuruan-Jawa Timur yang memberikan biogas untuk pengambilan data penulis.
7. Seluruh Asisten Laboratorium Instrumentasi dan Kontrol, *Microprocessor and Microcontroller* dan *Workshop Instrumentasi* , yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir penulis.
8. Bapak Idam dan Bapak Joko selaku karyawan PT. Perusahaan Gas Negara (PGN) yang telah membantu selama proses kalibrasi sensor gas.
9. BIOGAS *Team* yang telah membantu pengerjaan Tugas Akhir ini hingga selesai.
10. Teman-teman S1 Teknik Fisika dan D3 Teknik Instrumentasi angkatan 2014 FV-ITS.

11. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih kurang sempurna. Oleh karena itu penulis menerima segala masukan baik berupa saran, kritik, dan segala bentuk tegur sapa demi kesempurnaan laporan ini.

Demikian laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan dapat bermanfaat dalam akademik baik bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca.

Surabaya, 17 Juli 2017

Penulis.

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
TITLE OF PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN I	iii
LEMBAR PENGESAHAN II	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Laporan	4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biogas	7
2.2 <i>Scrubber</i>	8
2.3 Proses Pemurnian Biogas	9
2.4 Mikrokontroler ATMega	10
2.5 Sensor MQ-4.....	12
2.6 Sensor MQ-136.....	13
2.7 DT-SENSE Carbon Dioxide Sensor MG-811	14
2.8 RTC DS 1307	16
2.9 <i>Openlog Open Source Datalogger</i>	17
2.10 Karakteristik Statik	18
2.11 Teori Ketidakpastian.....	19

BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 <i>Plant</i> Purifikasi Biogas dengan <i>Water Scrubber System</i> ..23	
3.2 Diagram Alir (<i>Flowchart</i>).....	24

3.3 Metodologi Penelitian.....	24
--------------------------------	----

BAB IV. HASIL DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancang Bangun Alat.....	45
4.2 Hasil Pengujian Alat.....	49

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran	71

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A (DATA KALIBRASI SENSOR)

LAMPIRAN B (*Listing Program* pada CVAVR)

LAMPIRAN C (*DATASHEET MQ-4*)

LAMPIRAN D (*DATASHEET MQ-136*)

LAMPIRAN E (*DATASHEET MG-811*)

LAMPIRAN F (*DT-SENSE MG-811*)

LAMPIRAN G (*DATASHEET SYSTEM ATMEGA 128*)

MANUAL BOOK

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Prinsip Kerja <i>Dry Scrubber</i>	8
Gambar 2.2 Prinsip Kerja <i>Water Scrubber</i>	9
Gambar 2.3 <i>Microcontroller ATmega128</i>	11
Gambar 2.4 Konfigurasi Pin pada ATmega128	12
Gambar 2.5 Sensor MQ-4	12
Gambar 2.6 Grafik Karakteristik Sensor MQ-4	13
Gambar 2.7 Sensor MQ-136	13
Gambar 2.8 Grafik Karakteristik Sensor MQ-136	14
Gambar 2.9 DT-SENSE <i>Carbon Dioxide</i> Sensor MG-811	15
Gambar 2.10 Grafik Karakteristik Sensor MG-811	16
Gambar 2.11 RTC	16
Gambar 2.12 Konfigurasi PIN RTC	17
Gambar 2.13 <i>Openlog data logger</i>	18
Gambar 2.14 Tabel T-student	21
Gambar 3.1 Purifikasi Biogas <i>Plant</i>	23
Gambar 3.2 P&ID <i>Plant</i> Purifikasi	23
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Pembuatan Alat Sistem Monitoring Kadar CH ₄ , CO ₂ Dan H ₂ S Pada Proses Purifikasi Biogas dengan <i>Water Scrubber System</i>	24
Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem Monitoring Kadar CH ₄ , CO ₂ dan H ₂ S pada Proses Purifikasi Biogas dengan <i>Water Scrubber System</i>	25
Gambar 3.5 Rangkaian RTC DS1307	27
Gambar 3.6 Rangkaian <i>Openlog data logger</i>	28
Gambar 3.7 Rangkaian LCD 20x4	29
Gambar 3.8 Peletakan Sensor pada <i>Plant</i>	30
Gambar 3.9 <i>Plant</i> Purifikasi Biogas	31
Gambar 3.10 Realisasi Peletakan Sensor	32
Gambar 3.11 <i>Packaging</i> Sensor	32
Gambar 3.12 <i>Open Software</i>	33
Gambar 3.13 <i>Create New File</i>	33
Gambar 3.14 <i>Chip</i> pada <i>Code Vision AVR</i>	33
Gambar 3.15 <i>Alphanumeric LCD</i> pada <i>Code Vision</i>	34
Gambar 3.16 <i>ADC</i> pada <i>Code Vision AVR</i>	34
Gambar 3.17 <i>I2C</i> pada <i>Code Vision AVR</i>	35

Gambar 3.18	Konfigurasi TWI untuk RTC DS1307	35
Gambar 3.19	Konfigurasi USART	36
Gambar 3.20	Tombol <i>Generate</i>	36
Gambar 3.21	Tampilan Awal Program	37
Gambar 3.22	Pengaturan CONFIG.TXT	39
Gambar 3.23	Konfigurasi <i>Sequential Log</i>	40
Gambar 3.24	Uji Coba Sensor MQ-4	42
Gambar 3.25	Uji Coba Sensor MQ-136	42
Gambar 3.26	Uji Coba Sensor MG-811	43
Gambar 4.1	<i>Purification System Plant</i>	45
Gambar 4.2	Penempatan Sistem <i>Monitoring</i>	46
Gambar 4.3	Grafik Kadar CH ₄	47
Gambar 4.4	Grafik Kadar CO ₂	48
Gambar 4.5	Grafik Kadar H ₂ S	48
Gambar 4.6	Grafik RS/RO vs PPM	50
Gambar 4.7	Grafik Uji Sensor MQ-4	52
Gambar 4.8	Grafik Uji Sensor MG-811	57
Gambar 4.9	Grafik Uji Sensor MQ-136	65
Gambar 4.10	Hasil RTC DS1307	69
Gambar 4.11	Penyimpanan Data	70

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 3.1 Alamat I2C DT-Sense MG811	26
Tabel 3.2 Alokasi Port yang digunakan	31
Tabel 4.1 Hasil <i>Monitoring</i> Purifikasi Biogas	46
Table 4.2 Data Hasil Pengujian Sensor MQ-4	49
Tabel 4.3 Pengambilan Data Sensor MQ-4	50
Tabel 4.4 Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-4	51
Tabel 4.5 Perbandingan MQ-4 dengan Standar	51
Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Sensor MG-811	57
Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Sensor MQ-136	62
Tabel 4.8 Pengambilan Data Sensor MQ-136	63
Tabel 4.9 Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-136	63
Tabel 4.10 Perbandingan MQ-136 dengan Standar	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketergantungan manusia akan sumber energi fosil yang tidak terbarukan sudah harus dihindari pada saat ini, hal tersebut dikarenakan semakin tahun kebutuhan energi akan meningkat dalam penggunaannya, pada tahun 2011 konsumsi minyak di Indonesia mencapai 65,5 juta KL dan pada tahun 2012 sudah mencapai 72,2 juta KL [2]. Tetapi peningkatan kebutuhan tersebut tidak diimbangi dengan keberadaan sumber energi fosil yang semakin tahun akan semakin menipis. Oleh karena itu, ditemukannya beberapa pilihan sumber energi yang terbarukan. Dalam hal ini adalah sumber energi yang berasal dari alam langsung dan dapat diperbarui. Beberapa sumber energi alternatif yang mulai umum digunakan adalah cahaya matahari, angin, arus laut, air, serta energi yang berasal dari makhluk hidup seperti biomassa dan biogas. Salah satu energi alternatif yang mudah didapatkan adalah Biogas.

Kandungan biogas yang menentukan nilai kalor adalah gas metana (CH_4). Semakin tinggi kandungan metana, semakin tinggi nilai kalor yang terkandung dalam biogas, kandungan energi dalam gas tersebut adalah sekitar 500-700 Btu/scf. Sedangkan nilai kalor metana sebagai zat murni adalah 1000 Btu/scf. Dengan demikian, peningkatan nilai kalor biogas dapat dilakukan dengan meningkatkan kandungan metana, dan menurunkan kandungan gas lainnya. Biogas yang digunakan untuk pembangkit listrik memiliki standar gas metana yang digunakan sebagai bahan bakar generator set yaitu sebesar 90%.

Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu penyumbang reaktor biogas terbesar di Indonesia dengan potensi kotoran yang dihasilkan sebesar 456.250kg/hari. Namun di daerah dengan penghasil biogas terbesar tersebut kandungan gas metana belum mencapai 90% [1]. Kondisi ini akibat dari tidak adanya sistem purifikasi yang ada di biogas. Proses purifikasi dengan metode *water scrubber* pada biogas sebagai pendukung dalam reduksi CO_2 , H_2S , dan PM [1].

Biogas dengan kadar H_2S yang tinggi jika digunakan untuk bahan bakar generator set maka mesin akan cepat rusak karena menyebabkan korosi. Pernyataan ini didukung dengan hasil penelitian yang menyatakan bahwa H_2S adalah asam anorganik yang menyerang permukaan logam ketika berkontak langsung. Sulfur Stress Cracking (SSC) adalah mekanisme korosif yang paling umum yang muncul saat logam bereaksi dengan H_2S . Mekanisme ini mulai terjadi ketika kadar H_2S lebih besar dari 50 ppm [3]. H_2S dalam biogas dapat mengurangi waktu hidup dari mesin 10 sampai 15% [4]. Selain H_2S terdapat juga CO_2 yang tidak bermanfaat pada saat proses pembakaran. Pada putaran mesin yang tinggi, pembakaran biogas dalam ruang bakar menjadi tidak sempurna dan mengakibatkan menurunnya efisiensi pada mesin tersebut. Hasil gas yang telah terpurifikasi akan meningkatkan kadar metana dan menurunkan gas pengotor, sehingga lebih meningkatkan efisiensi pembangkit listrik menggunakan bahan bakar biogas.

Kadar gas CH_4 , CO_2 , dan H_2S pada purifikasi biogas ini dapat dideteksi menggunakan sensor MQ-4, MQ-136 dan MG811. Sebab menurut hasil penelitian mengatakan bahwa sensor MQ-4 gas metan dapat mendeteksi keberadaan gas metan dengan kesalahan sebesar 2% [5] sedangkan uji kinerja sensor TGS untuk monitoring gas metan menghasilkan error sebesar 14.8% pada TGS2611 dan 8.477% TGS2612 [6].

Dari beberapa tinjauan yang ada, maka dalam Tugas Akhir ini akan membuat rancang bangun sistem monitoring kadar gas CH_4 , CO_2 dan H_2S pada proses purifikasi biogas dengan *water scrubber system* berbasis atmega 128 dengan tujuan sehingga dapat mengetahui kualitas kandungan gas CH_4 , sedangkan kadar CO_2 dan H_2S perlu dimonitoring untuk mengantisipasi agar genset tidak mudah korosi dan dapat menyiapkan pemeliharaan untuk genset agar tidak cepat rusak. Monitoring H_2S dalam biogas adalah mutlak diperlukan untuk memastikan keamanan dan melindungi peralatan serta untuk pemantauan kualitas gas tersebut [13]. Dengan hasil data monitoring yang diperoleh bisa digunakan untuk analisa karena data yang di dapatkan *realtime* dari hasil purifikasi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

- Bagaimana merancang sistem *monitoring* kadar gas CH₄, CO₂ dan H₂S pada proses purifikasi biogas dengan *water scrubber system*?
- Bagaimana hasil karakteristik statik sistem pengukuran pada sistem *monitoring* kadar gas CH₄, CO₂ dan H₂S pada proses purifikasi biogas dengan *water scrubber system*?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah untuk memenuhi mata kuliah tugas akhir sebagai syarat kelulusan dari program studi diploma 3 Teknik Instrumentasi, serta untuk memberikan solusi pada rumusan masalah yaitu :

- Untuk mengetahui cara merancang monitoring kadar gas CH₄, CO₂ dan H₂S pada proses purifikasi biogas dengan *water scrubber system*.
- Untuk mengetahui karakteristik statik sistem pengukuran pada sistem *monitoring* kadar gas CH₄, CO₂ dan H₂S pada proses purifikasi biogas dengan *water scrubber system*

1.4 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan permasalahan agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan permasalahan dari sistem yang dirancang ini yaitu :

- Biogas berasal dari kotoran sapi
- Uji coba menggunakan ban penampung yang berisi biogas
- Variabel yang diukur adalah kadar CH₄, CO₂ dan H₂S
- Sensor yang digunakan adalah MQ-4, MG-811 dan MQ-136
- Menggunakan *Microcontroller* Atmega 128

- Modul *openlog datalogger* sebagai penyimpanan *datalogger*
- LDC 4x20 sebagai *display*
- Modul DS1307 sebagai RTC

1.5 Manfaat

Manfaat yang didapatkan dalam mengerjakan tugas akhir ini mahasiswa atau penulis paham dan mengerti dalam merancang dan membangun suatu sistem monitoring kadar gas CH_4 , CO_2 dan H_2S pada proses purifikasi biogas dengan *water scrubber system*.

1.6 Sistematika Laporan

Sistematika laporan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan pada tugas akhir ini.

BAB II : DASAR TEORI

Bab ini membahas mengenai teori-teori penunjang yang diperlukan dalam merealisasikan Tugas Akhir yaitu berupa teori tentang sistem monitoring kadar gas CH_4 , CO_2 dan H_2S pada proses purifikasi biogas dengan *water scrubber system*.

BAB III : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini diuraikan tentang bagaimana cara merancang sistem monitoring kadar gas CH_4 , CO_2 dan H_2S pada proses purifikasi biogas dengan *water scrubber system* serta diagram blok, cara pembuatan dan perancangan alat, perangkat keras maupun perangkat lunak.

BAB IV : HASIL DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil dan analisa dari realisasi alat yang telah dibuat.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi simpulan dari analisa yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Biogas

Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk di antaranya; kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah biodegradable atau setiap limbah organik yang biodegradable dalam kondisi anaerobik. Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida. Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan maupun untuk menghasilkan listrik.

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi langka oksigen (anaerob). Komponen biogas antara lain sebagai berikut : $\pm 60\%$ CH_4 (metana), $\pm 38\%$ CO_2 (karbon dioksida) dan $\pm 2\%$ N_2 , O_2 , H_2 , & H_2S . Biogas dapat dibakar seperti elpiji, dalam skala besar biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik, sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan terbarukan. Sumber energi Biogas yang utama yaitu kotoran ternak Sapi, Kerbau, Babi dan Kuda.

Biogas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik sangat populer digunakan untuk mengolah limbah biodegradable karena bahan bakar dapat dihasilkan sambil Mengurai dan sekaligus mengurangi volume limbah buangan. Metana dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batu bara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit.

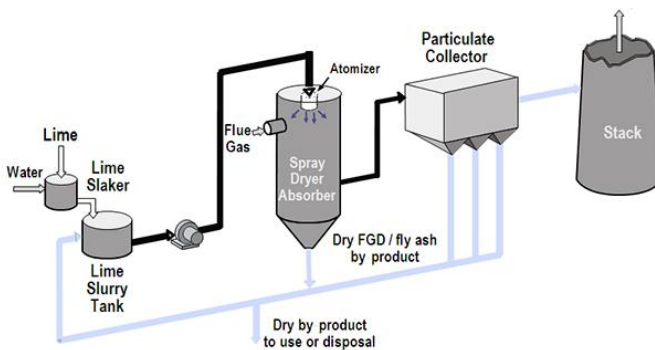
Pemanfaatan biogas memegang peranan penting dalam manajemen limbah karena metana merupakan gas rumah kaca yang lebih berbahaya dalam pemanasan global bila dibandingkan dengan karbon dioksida. Karbon dalam biogas merupakan karbon yang diambil dari atmosfer oleh fotosintesis tanaman, sehingga bila dilepaskan lagi ke atmosfer tidak akan menambah jumlah karbon di atmosfer bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil [8].

2.2 Scrubber

Scrubber merupakan salah satu dari beberapa alat pengendali polusi udara atau emisi pada suatu instalasi yang kontribusinya secara umum adalah untuk mengendalikan partikel-partikel berupa padatan dan ataupun gas yang sifatnya dapat larut pada air, sehingga pada instalasinya mungkin akan dijumpai beberapa alat pendukung lain yang berhubungan untuk mendistribusikan air. Terdapat 2 jenis *scrubber* yaitu *Dry Scrubber* dan *Wet Scrubber*. Perbedaan dari kedua jenis *scrubber* tersebut yaitu penggunaan fluida cair serta pengendalian temperaturnya.

- **Dry Scrubber**

Sesuai dengan sebutannya *Dry Scrubber* merupakan alat pengendali polusi yang dalam aplikasinya berlangsung dalam proses kering. aplikasi ini lebih dominan hanya untuk pengendali partikel-partikel dalam bentuk padat. Dikarenakan pada proses kerjanya hanya dapat mengendalikan emisi dalam bentuk padatan seperti *fly ash* (partikel padat) [9].



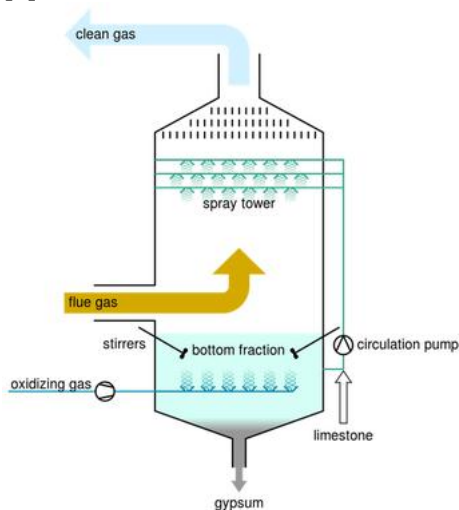
Gambar 2.1 Prinsip Kerja *Dry Scrubber*^[9]

- **Water Scrubber**

Peralatan absorpsi gas terdiri dari sebuah kolom berbentuk silinder atau menara yang dilengkapi dengan pemasukan gas dan ruang distribusi pada bagian bawah;

pemasukan zat cair dan distributornya pada bagian atas, pengeluaran gas dan zat cair masing-masing diatas dan dibawah. Serta diisi dengan massa zat tak aktif (inert) diatas penyangganya yang disebut isian menara (*tower packing*).

Gas yang mengandung zat terlarut, disebut gas kaya (*rich gas*), masuk ke ruang pendistribusian melalui celah isian, berlawanan arah dengan zat cair. Isian itu memberikan permukaan yang luas untuk kontak antara zat cair dan gas sehingga membantu terjadinya kontak yang maksimal antara kedua fase, dan terjadi penyerapan zat terlarut yang ada di dalam *rich gas* oleh zat cair yang masuk ke dalam menara dan gas encer (*lean gas*) keluar dari atas. Sambil mengalir kebawah, zat cair makin kaya zat terlarut, dan keluar dari bawah menara sebagai cairan pekat [9].



Gambar 2.2 Prinsip Kerja *Water Scrubber*^[9]

2.3 Proses Pemurnian Biogas

Unsur-unsur utama pada biogas diantaranya metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), beberapa unsur lain seperti amonia (NH_3), hidrogen sulfida (H_2S), karbon monoksida (CO), hidrogen (H_2), nitrogen (N_2), dan oksigen (O_2). Suatu biogas dapat dilihat kualitasnya dari banyaknya gas metana yang dikandung, karena

semakin banyak kandungan metana, maka energi yang dihasilkan juga semakin besar. Namun adanya gas pengotor yang berupa air, CO_2 , dan H_2S membuat kualitas dari biogas tersebut tidak maksimal. Peningkatan kualitas biogas bisa dilakukan dengan menghilangkan gas pengotor tersebut terutama CO_2 dan H_2S . Hal ini disebabkan karena hidrogen sulfur mengandung racun dan zat yang menyebabkan korosi. Jika biogas mengandung senyawa ini, maka akan menimbulkan gas yang berbahaya. Jika biogas dibakar, H_2S akan membentuk senyawa baru berupa bersama oksigen berupa sulfur dioksida (SO_2) atau sulfur trioksida (SO_3). Kedua senyawa ini lebih beracun darip H_2S . Dan jika terus dilanjutkan, maka akan terbentuk sulfur acid (H_2SO_3) yang bersifat lebih korosif daripada H_2S . Selain itu, pembakaran gas yang masih mengandung H_2S juga akan menghasilkan senyawa asam (H_2SO_4) yang bisa menimbulkan hujan asam. Hal ini dapat menimbulkan kerugian besar karena bersifat korosif dan mencemari lingkungan hidup. Sedangkan CO_2 memiliki sifat yang dapat menghambat proses pembakaran yang sempurna, beracun, dan dapat menyebabkan korosi [8].

2.4 Mikrokontroler ATmega

Mikrokontroler merupakan keseluruhan sistem komputer yang dikemas menjadi sebuah *chip* di mana di dalamnya sudah terdapat Mikroprosesor, I/O, Memori bahkan ADC, berbeda dengan Mikroprosesor yang berfungsi sebagai pemroses data.

Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) memiliki arsitektur 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus *clock* atau dikenal dengan teknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computing*). Secara umum, AVR dapat dikelompokkan ke dalam 4 kelas, yaitu keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing adalah kapasitas memori, *peripheral* dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama. Berikut ini gambar Mikrokontroler Atmega.

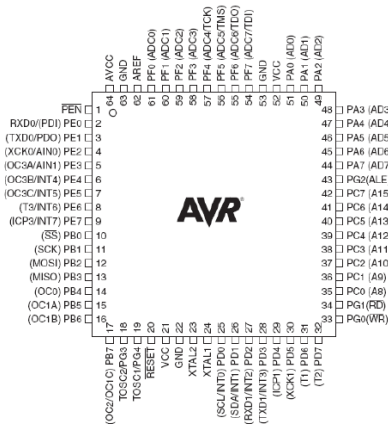


Gambar 2.3 *Microcontroller ATmega128*^[14]

Semua jenis AVR dilengkapi dengan flash memori sebagai memori program. Kapasitas dari flash memori ini berbeda antara *chip* yang satu dengan *chip* yang lain. Tergantung dari jenis IC yang digunakan. Untuk flash memori yang paling kecil adalah 1 kbytes (ATtiny11, ATtiny12, dan ATtiny15) dan paling besar adalah 128 Kbytes (AT-Mega128). Berikut ini adalah spesifikasi Mikrokontroler AVR ATmega-128 dan konfigurasi pin ATMEGA 128 [14].

Spesifikasi :

- Saluran I/O sebanyak 56 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, Port D, Port E, Port F dan Port G.
- ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
- 2 buah *Timer/Counter* 8 bit dan 2 buah *Timer/Counter* 16 bit.
- Dua buah PWM 8 bit.
- *Watchdog Timer* dengan osilator internal.
- Internal SRAM sebesar 4 kbyte.
- Memori flash sebesar 128 kBytes.
- Interupsi Eksternal.
- Port antarmuka SPI.
- EEPROM sebesar 4 kbyte.
- *Real time counter*.
- 2 buah Port USART untuk komunikasi serial.
- Enam kanal PWM.
- Tegangan operasi sekitar 4,5 V sampai dengan 5,5V



Gambar 2.4 Konfigurasi Pin pada ATmega128^[14]

2.5 Sensor MQ-4

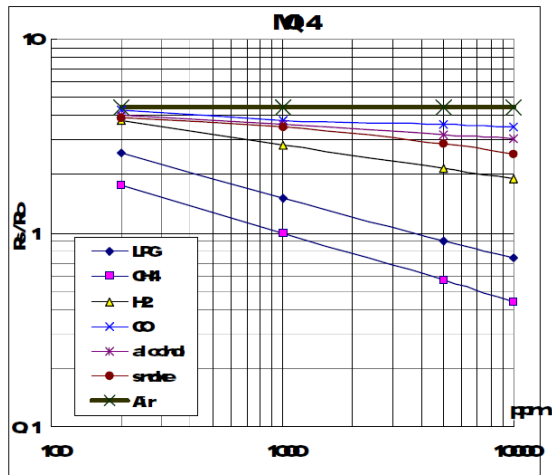
MQ-4 adalah komponen elektronika untuk mendeteksi kadar gas alam terkompresi / CNG (*compressed natural gas*) Dengan menggunakan MQ-4 *Methane CNG* Sensor Module ini, Anda dapat mendeteksi kadar gas metana dalam udara dengan menyambungkan sensor ini ke mikrokontroler / development board semacam Arduino. Dari situ Anda bisa membuat program untuk menentukan aksi berdasarkan data yang terbaca, misalnya menyalakan alarm saat kadar gas metana ini mencapai ambang batas tertentu yang membahayakan, atau sekedar menampilkan kadar ppm (*parts per million*) gas tersebut di layar tampilan.



Gambar 2.5 Sensor MQ-4^[10]

Sensor MQ-4 merupakan sensor yang sangat sensitif terhadap CNG dan dapat mendeteksi konsentrasi gas alam di udara mulai dari 200 ppm hingga 10.000 ppm. Keluaran sensor ini berupa resistansi analog yang dengan mudah dapat dikonversi menjadi

tegangan dengan menambahkan satu resistor biasa. Dengan mengkonversi impedansi ini menjadi tegangan, hasil bacaan sensor dapat dibaca oleh pin ADC (*analog to digital converter*) pada mikrokontroler [10].



Gambar 2.6 Grafik Karakteristik Sensor MQ-4^[10]

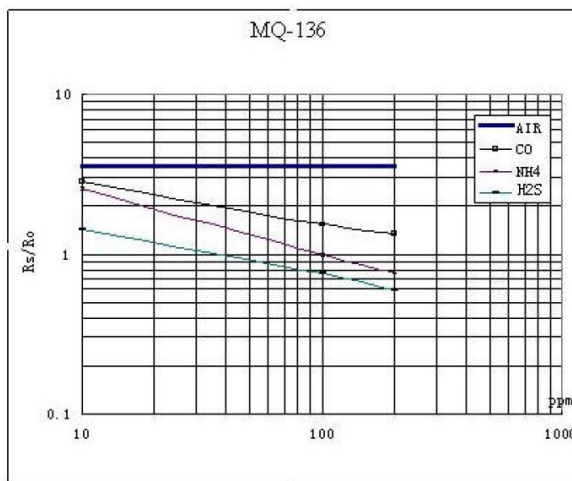
2.6 Sensor MQ-136

Sensor MQ-136 adalah suatu komponen semikonduktor yang berfungsi sebagai pengindera bau gas tin oksida (SnO_2). Sensor MQ-136 dapat dikatakan sebagai resistor dengan *Negative Pollution Coefficient* (NPC). Karena secara teknis sensor gas tersebut sama dengan resistor NPC, maka semakin tinggi konsentrasi gas yang tidak diinginkan, maka nilai hambatannya akan semakin rendah, sehingga tegangan keluaran akan semakin besar.



Gambar 2.7 Sensor MQ-136^[11]

Sensor MQ-136 sangat peka terhadap gas yang mengandung hidrogen sulfida (H_2S). Hidrogen sulfida juga dikenal dengan nama sulfana, sulfur hidrida, gas asam (*sour gas*), *sulfurated hydrogen*, asam hidrosulfurik, dan gas limbah (*sewer gas*). Gas ini juga muncul pada gas yang timbul dari aktivitas gunung berapi dan gas alam. Sensor ini juga mempunyai sebuah pemanas (*heater*) yang digunakan untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar agar sensor dapat bekerja kembali secara efektif [11].

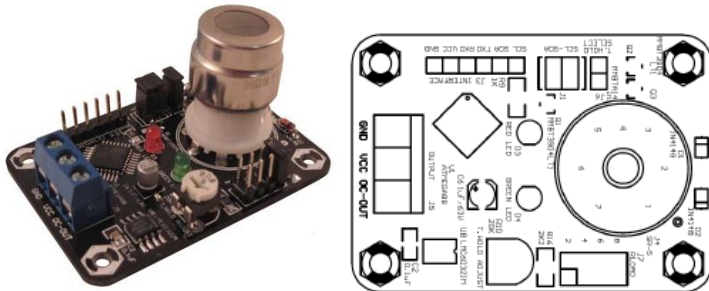


Gambar 2.8 Grafik Karakteristik Sensor MQ-136^[11]

2.7 DT-SENSE Carbon Dioxide Sensor MG-811

Sensor MG-811 memiliki onboard sebagai komponen sensor. Ada pengkondisian sinyal sirkuit terintegrasi untuk memperkuat sinyal output dan pemanas sirkuit *onboard* untuk memanaskan sensor. MG-811 sangat sensitif terhadap CO_2 . Sensor MG-811 pada dasarnya adalah sel yang menghasilkan output dalam kisaran 100-600mV (400-10000ppm CO_2). Kemampuan sumber saat sel sangat terbatas. Amplitudo sinyal yang sangat rendah dan impedansi output dari sel sangat tinggi sehingga sirkuit pengkondisian sinyal diperlukan antara sensor dan masukan mikrokontroler. Tegangan keluaran dari sensor di udara bersih

(biasanya 400ppm CO₂) adalah di kisaran 200mV-600mV, tegangan output ini didefinisikan sebagai Titik Nol *Voltage* (V₀) yang merupakan tegangan dasar. Tegangan output akan menurun dengan meningkatnya konsentrasi CO₂. Ketika konsentrasi CO₂ lebih besar dari 400ppm, tegangan output (Vs) adalah linier dengan logaritma konsentrasi CO₂ [15].



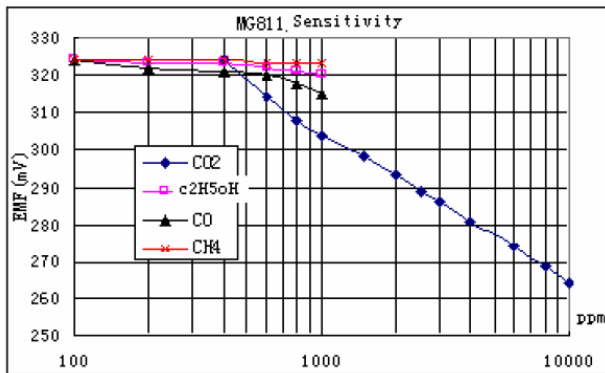
Gambar 2.9 DT-SENSE *Carbon Dioxide* Sensor MG-811^[15]

Dimensi :

5,6 cm (p) x 4 cm (l) x 3,4 cm (t)

Spesifikasi :

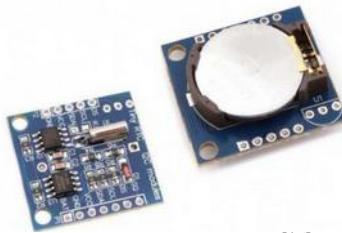
- Tegangan kerja : 5 VDC.
- Target gas : karbon dioksida (CO₂).
- *Range* deteksi : 350 - 10000 ppm.
- Antarmuka :
- UART TTL : 38400 bps, 8-bit data, 1-bit stop, *no parity*, *no flow control*.
- I2C : dapat di-*cascade* hingga 8 buah modul dalam satu jalur komunikasi.
- Menggunakan ADC 10-bit untuk konversi data analog dari sensor.
- Memiliki *output* berupa data digital dengan nilai 0 - 1023 (hasil konversi ADC).
- Terdapat 1 buah *variable resistor* untuk pengaturan nilai *threshold* secara manual.



Gambar 2.10 Grafik Karakteristik Sensor MG-811^[12]

2.8 RTC DS 1307

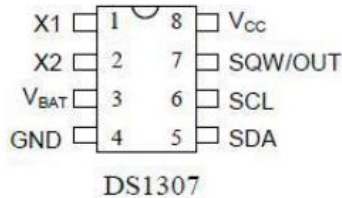
Istilah RTC (*real time clock*) merupakan sebuah istilah untuk jam elektronik dalam bentuk sebuah IC (*integrated circuit*) yang memiliki fungsi sebagai penyimpan data waktu dan tanggal. Data waktu dan tanggal tersebut akan disertakan dengan data guna menambah validitas proses pengambilan data. Jadi, akan diketahui detik, menit, jam, hari, bulan, dan tahun saat melakukan proses pengambilan data.



Gambar 2.11 RTC^[16]

Salah satu jenis *real time clock* adalah DS1307 yang dapat menyimpan data- data berupa detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari dalam seminggu, dan tahun yang valid hingga tahun 2100. IC DS1307 ini mempunyai NV SRAM sebesar 56- byte, *General-Purpose RAM* tanpa *unlimited writes*, antarmuka I2C, dan *battery- backed* sebagai sumber daya cadangan. Susunan pin DS1307 dapat dilihat pada Gambar 2.12. Bentuk komunikasi data

dari IC RTC adalah I2C yang merupakan kepanjangan dari Inter Integrated Circuit. Komunikasi jenis ini hanya menggunakan 2 jalur komunikasi yaitu SCL dan SDA. Semua *microcontroller* sudah dilengkapi dengan fitur komunikasi 2 jalur ini, termasuk diantaranya Arduino *Microcontroller* [16] .



Gambar 2.12 Konfigurasi PIN RTC^[16]

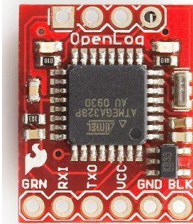
Fungsi pin dari komponen RTC S1307 adalah sebagai berikut :

1. Pin Vcc (Nomor 8) berfungsi sebagai sumber energi listrik Utama. Tegangan kerja dari komponen ini adalah 5 volt, dan ini sesuai dengan tegangan kerja dari *microcontroller* Arduino Board
2. Pin GND (Nomor 4) Anda harus menghubungkan ground yang dimiliki oleh komponen RTC dengan ground dari *battery back-up*
3. SCL berfungsi sebagai saluran *clock* untuk komunikasi data antara *Microcontroller* dengan RTC
4. SDA berfungsi sebagai saluran Data untuk komunikasi data antara *Microcontroller* dengan RTC
5. X1 dan X2 berfungsi untuk saluran *clock* yang bersumber dari crustal external
6. Vbat Berfungsi sebagai saluran energy listrik dari Battery external.

2.9 Openlog Open Source Datalogger

Openlog open source datalogger merupakan modul penyimpanan *datalogger* berbasiskan SD/MMC. Telah dilengkapi dengan soket SD/MMC jenis FAT16 dan FAT32 dan mampu menyimpan data sampai dengan 16 Giga Bytes. Modul ini berbasiskan mikrokontroler ATmega328. Proses penyimpanan data cukup mudah, hanya dengan mengirimkan perintah melalui

antarmuka UART, maka sudah dapat melakukan *create file*, *append file*, *write file*, *read file*, *create dir*, dll. Data yang dikirim mikrokontroler secara serial akan dituliskan ke dalam file dengan format *.TXT*. File *.TXT* tersebut dapat dibuka dan dibaca melalui program *NOTEPAD* [17].



Gambar 2.13 *Openlog data logger*^[17]

Adapun spesifikasi atau fitur dari *OpenLog Open Source Datlogger* adalah sebagai berikut:

- Catu daya : 3.3VDC - 12VDC.
- Berbasis mikrokontroler ATmega328.
- Antarmuka UART.
- Media penyimpanan berupa *microSD* (*up to 16GByte*).
- Bersifat *open source*.
- Dua *LED* mengindikasikan menulis statusnya.
- Dapat melakukan edit *Fileconfig.txt* dari komputer untuk mengubah *baudrate* dan pengaturan sistem lainnya.

2.3 Karakteristik Statik

Karakteristik statik pengukuran merupakan karakteristik yang ditentukan melalui perhitungan matematik atau secara grafik. Karakteristik statik terdiri dari sebagai berikut berserta rumusnya yang diambil dari buku Bentley [18].

a. *Range*

Range merupakan batas nilai minimum dan maksimum yang terukur oleh suatu instrument atau alat ukur.

b. *Span*

Span merupakan selisih antara nilai minimum dan maksimum yang terukur oleh suatu instrument atau alat ukur.

$$Range = \text{Nilai max} - \text{Nilai min} \quad (2.1)$$

c. Toleransi

Toleransi merupakan kemampuan suatu alat untuk membaca nilai terkecil dari suatu variable yang diukur.

d. Akurasi

Akurasi biasanya dinyatakan sebagai persen ketidak-pastian. Dengan kata lain akurasi adalah persentase dekatnya harga hasil pengukuran dengan harga sebenarnya.

$$\text{Akurasi} = \frac{(100\%)}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} \quad (2.1)$$

Keterangan :

X_t = Nilai pembacaan standart (PPM)

F_t = Nilai pembacaan alat (PPM)

n = Jumlah data

e. Sensitivitas

Sensitivitas menunjukkan perubahan output instrument yang terjadi saat diberi kualitas pengukuran yang berbeda.

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta \text{Output}}{\Delta \text{Input}} \quad (2.2)$$

f. Linearitas

Linearitas dapat diartikan sebagai dekatnya suatu kurva pengukuran terhadap garis linier (garis lurus). Biasanya linieritas dinyatakan sebagai ketidak linieran alat. Non-linearitas dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$O_{Ideal} = KI + \alpha \quad (2.3)$$

Dengan K adalah kemiringan garis:

$$K = \frac{O_{max} - O_{min}}{I_{max} - I_{min}} \quad (2.4)$$

Dan α adalah pembuat nol (*zero bias*):

$$\alpha = O_{min} - KI_{min} \quad (2.5)$$

Sehingga didapatkan nilai Non-linieritas:

$$N = \frac{[O - KI + \alpha]_{max}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\% \quad (2.6)$$

2.4 Teori Ketidakpastian

Ketidakpastian pengukuran merupakan tingkat seberapa besar ketidakpastian yang dihasilkan oleh suatu alat ukur. Dalam menghitung ketidakpastian pengukuran ada beberapa langkah

yang harus dihitung, antara lain dengan rumus yang didapat dari buku Bentley [18].

a. **Koreksi**

Koreksi dapat diperoleh dengan persamaan berikut

$$\text{Koreksi} = \text{Pembacaan standard-Pembacaan alat} \quad (2.7)$$

b. **Standard deviasi**

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(D_i - D')^2}}{n-1} \quad (2.8)$$

dimana :

D_i = koreksi alat ukur

D_i' = rata-rata koreksi

n = Banyak range pengukuran

c. **Analisa Type A, (U_a)**

Pada analisa tipe A ini hasilnya diperoleh dari data pengukuran. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$U_{a1} = \frac{\sigma_{maks}}{\sqrt{n}} \quad (2.9)$$

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \quad (2.10)$$

d. **Analisa Type B, (U_b)**

Analisa tipe B ini diperoleh berdasarkan sertifikat kalibrasi atau spesifikasi dari alat ukur. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$U_{b1} = \frac{Resolusi/2}{\sqrt{3}} \quad (2.11)$$

Dimana :

$SSR = \text{Sum Square Residual}$

$$U_{b2} = \frac{a}{k} \quad (2.12)$$

e. **Ketidakpastian Kombinasi (U_c)**

U_c merupakan Ketidakpastian kombinasi dari ketidakpastian tipe A dan ketidakpastian tipe B. Adapun persamaan dari ketidakpastian kombinasi adalah: $U_c =$

$$\sqrt{U_{a1}^2 + U_{a2}^2 + U_{b1}^2 + U_{b2}^2} \quad (2.13)$$

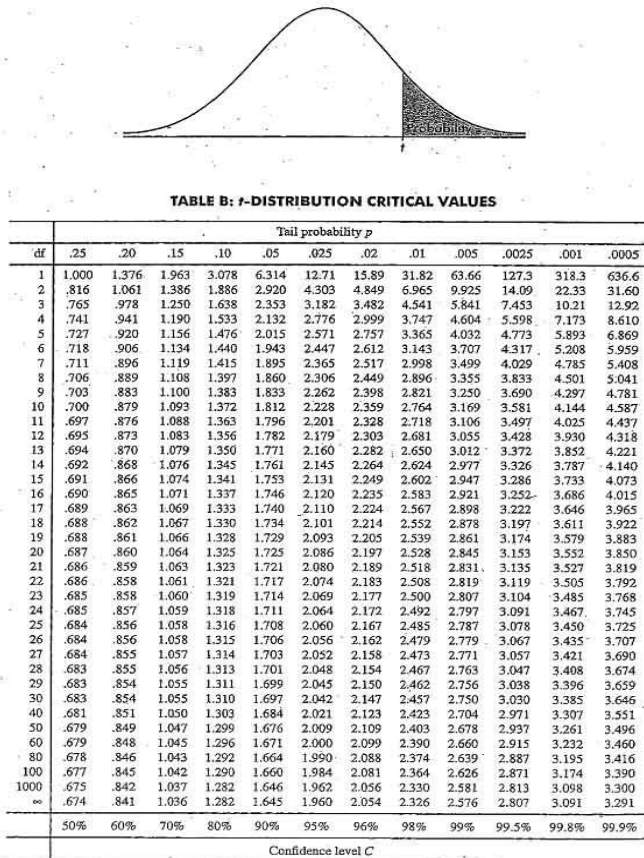
f. **Ketidakpastian Diperluas**

Hasil akhir kalibrasi adalah ketidakpastian diperluas sehingga alat ukur tersebut dapat diketahui

ketidakpastiannya melalui U_{expand} . Persamaan U_{expand} adalah:

$$U_{expand} = k \cdot U_c \quad (2.14)$$

Untuk mencari nilai k , maka melihat table t student sesuai dengan *confidence level* 95%. Tabel T student dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14 Tabel T -student

g. V efektif

$$V_{eff} = \frac{(U_c)4}{\sum (v_i)4} \quad (2.15)$$

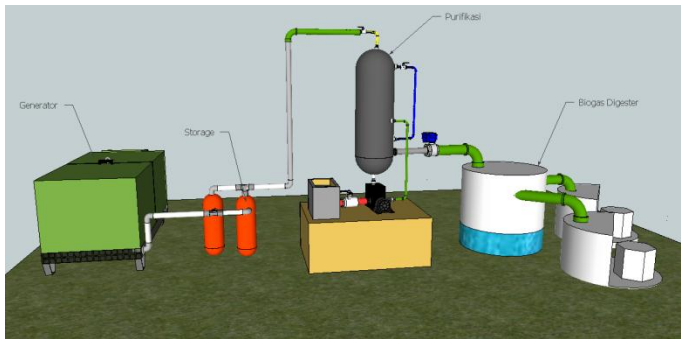
v_i

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

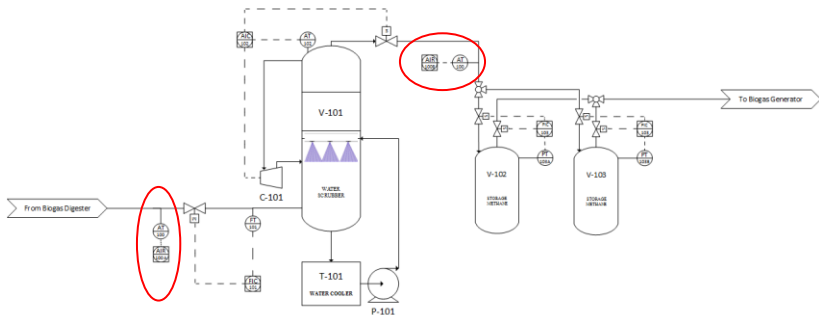
3.1 *Plant Purifikasi Biogas Dengan Water Scrubber System*

Desain plant purifikasi akan dibuat sedemikian rupa dimana dapat dibuat sesuai dengan disain yang telah dirancang. Berikut ini adalah gambar *Plant Purifikasi Biogas Dengan Water Scrubber System* mulai dari digester sampai masuk ke dalam generator set agar dapat siap digunakan untuk kebutuhan rumah tangga.



Gambar 3.1 Purifikasi *biogas Plant*

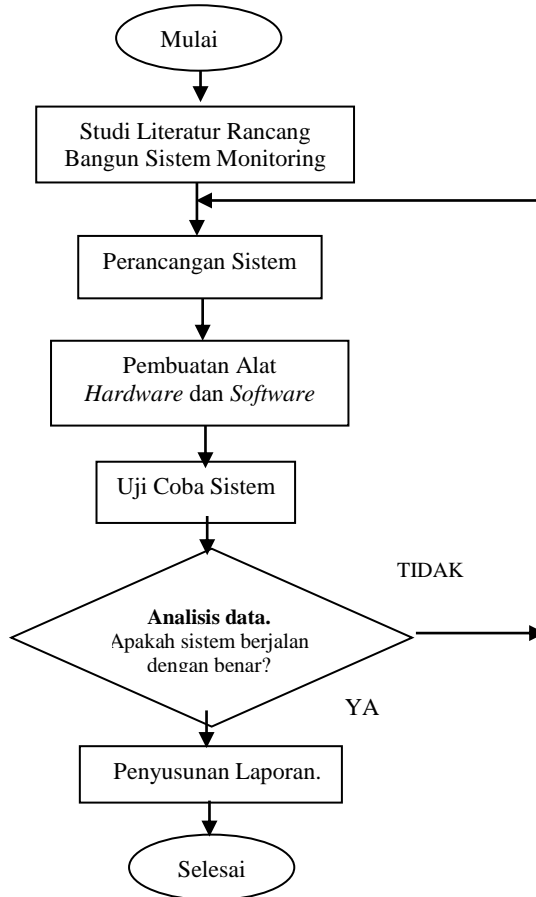
Dari gambar diatas maka dapat dibuat *sebuah piping and instrumentation diagram* pada *plant purifikasi biogas* seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.2 P&ID *Plant Purifikasi*

3.2 Diagram Alir (*Flowchart*)

Langkah-langkah perancangan alat ini digambarkan dalam *flowchart* penelitian yang dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 3.3 *Flowchart* Pembuatan Alat Sistem Monitoring Kadar CH_4 , CO_2 Dan H_2S Pada Proses Purifikasi Biogas dengan *Water Scrubber System*

3.3 Metodologi Penelitian

Berikut adalah metodologi penelitian dari pembuatan tugas akhir tentang *monitoring* pada input dan output plant purifikasi

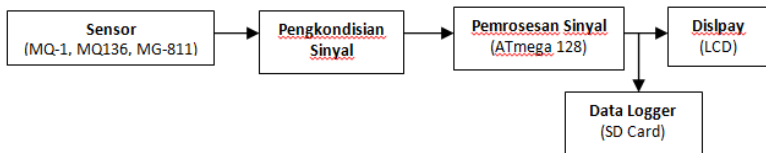
biogas berdasarkan *flowchart* yang sudah direncanakan adalah sebagai berikut :

- **Studi Literatur**

Studi literatur adalah pencarian referensi dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang penggunaan sensor gas, terkait komponen-komponen yang digunakan serta cara pengolahan yang akan dilakukan. Pada studi literatur ini didapatkan hasil bahwa *monitoring* kadar pengotor sangat diperlukan.

Perancangan Sistem

Pada tugas akhir ini akan merancang sistem monitoring gas yang terkandung pada biogas. Gas tersebut meliputi gas CH_4 , CO_2 , H_2S .



Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem Monitoring Kadar CH_4 , CO_2 dan H_2S pada Proses Purifikasi Biogas dengan *Water Scrubber System*

Pada **Gambar3.4** dapat dilihat, ketika sensor mendeteksi adanya gas pada biogas maka sensor akan mengirimkan sinyal berupa tegangan listrik yang kemudian masuk ke pengkondisian sinyal dan diubah ke data digital agar dapat dikirim ke mikrokontroler. Mikrokontroler berfungsi memproses data untuk ditampilkan pada layar LCD, selain itu mikrokontroler juga berfungsi mengirim data ke *data logger shield* untuk proses pencatatan data. Dimana pada *data logger shield* terpasang memori *SD Card* yang berfungsi sebagai media penyimpanan hasil pencatatan data *output* purifikasi biogas. Perangkat lunak yang digunakan adalah *software* CVAVR untuk memrogram data.


1) Perancangan Sensor *DT sense*

Modul *DT sense gas sensor* digunakan guna mendapatkan hasil pembacaan data sensor yang lebih akurat. Pada Tugas Akhir ini digunakan dua modul *DT sense gas*

sensor. Modul *DT sense gas sensor* digunakan untuk masing-masing sensor MQ-4 (metana) dan MG-811 (karbon dioksida). Kedua modul tersebut mempunyai pin SDA dan SCL. Pin SDA dari satu modul diparalel dengan pin SDA lalu disambungkan dengan pin SDA mikrokontroler. Hal yang sama juga berlaku pada pin SCL.

Kedua modul *DT sense gas sensor* memiliki alamat I2C yang sama yaitu 0xE0. Pada sistem *monitoring* gas ini menggunakan 4 sensor gas I2C. berikut ini adalah tabel pembagian pengalamanatan untuk I2C.

Tabel 3.1 Alamat I2C DT-Sense MG811

Sensor	Peletakan Sensor	Pengalamat I2C
 MG-811 (CO2)	Input	0XE2
	Output	0XE4

Untuk penggantian alamat modul digunakan antar muka UART. Pin TX dan RX yang ada pada modul disambungkan pada pin TX dan RX pada mikrokontroler. Berikut pengaturan komunikasi serial untuk mengati alamat sensor .

```
// USART1 initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART1 Receiver: On
// USART1 Transmitter: On
// USART1 Mode: Asynchronous
// USART1 Baud Rate: 9600
UCSR1A=0x00;
UCSR1B=0x18;
UCSR1C=0x06;
```

```
UBRR1H=0x00;
```

```
UBRR1L=0x2F;
```

Sedangkan untuk mengganti alamat sensor digunakan program seperti berikut ini. Alamat *default* dari modul adalah 0xE0 kemudian diganti menjadi 0xE2.

```
while(1)
```

```
{
```

```
delay_ms(1000);
```

```
putchar(0x53); //perintah untuk mengubah alamat I2C
```

```
putchar(0xAA); //paramater untuk mengubah alamat I2c
```

```
putchar(0x55); //paramater untuk mengubah alamat I2c
```

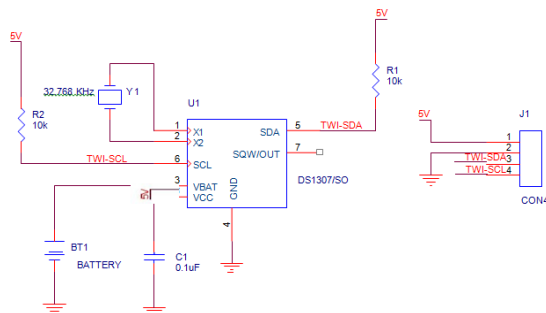
```
putchar(0xE2); //alamat baru
```

```
delay_ms(1500);
```

```
}
```

2) Perancangan *Real Time Clock* DS1307

Pada saat sensor melakukan akuisisi data diperlukan data waktu dan tanggal guna mendukung proses *logging* data. Untuk kebutuhan tersebut, maka dirancanglah sebuah *real time clock*, dengan menggunakan DS1307. DS1307 membutuhkan beberapa komponen pendukung yaitu *crystal*, kapasitor, *battery backup* dan *pull up resistor* guna mendukung kinerjanya. Rangkaian DS1307 beserta komponen-komponen pendukungnya dijelaskan pada Gambar 3.3



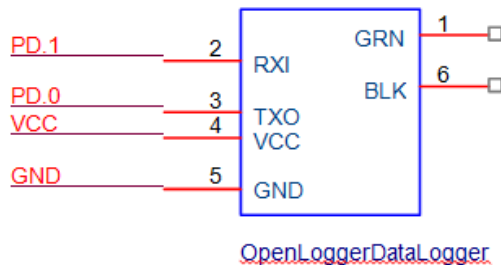
Gambar 3.5 Rangkaian RTC DS1307

DS1307 menyediakan pin *battery backup* untuk dihubungkan pada baterai lithium 3V atau sumber energi lain sehingga ketika *supply* daya utama mati, *battery backup* mengambil alih *supply* energi pada RTC sehingga DS1307 tetap berjalan.

3) Perancangan Data Logger

Untuk keperluan *data logging* maka digunakan *Openlog data logger*. Modul ini mempunyai 6 buah pin yaitu pin RX, TX, VCC, GND, GRN, dan BLK. Namun untuk penggunaan pada Atmega 128 hanya 4 buah pin yang dipakai.

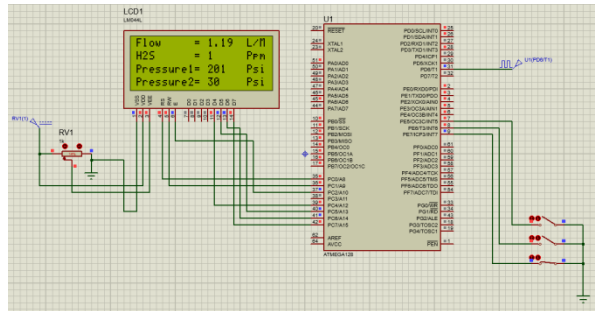
Komunikasi dengan modul ini menggunakan komunikasi serial USART. Untuk itu pin RX pada modul ini disambungkan dengan pin TX mikrokontroler dan pin TX pada modul disambungkan dengan pin RX pada mikrokontroler. Dan yang paling utama, pin GND harus disambungkan pada GND yang sama yang dipakai mikrokontroler guna mendukung komunikasi serial. Berikut ini adalah skematik dari konfigurasi modul *Openlog data logger* dapat dilihat pada Gambar 3.4



Gambar 3.6 Rangkaian *Openlog data logger*

4) Perancangan Tampilan LCD 20x4

Modul LCD (*Liquid Crystal Display*) yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah modul LCD yang dapat menampilkan 20x4 karakter, yaitu 20 karakter untuk kolom dan 4 karakter untuk baris.

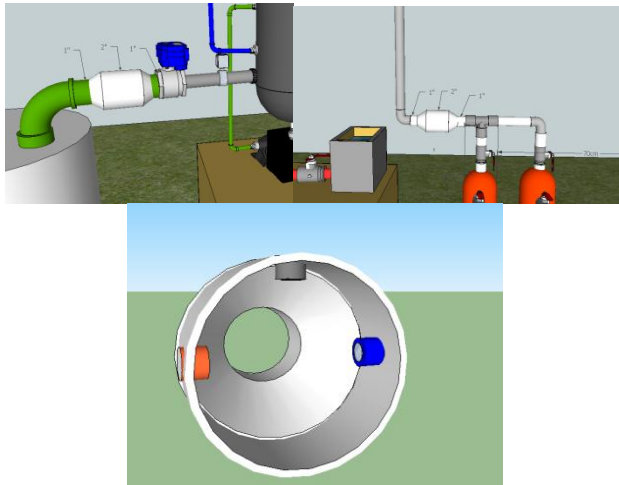


Gambar 3.7 Rangkaian LCD 20x4

Pada gambar rangkaian 3.7 tersebut, kaki-kaki dari rangkaian LCD dihubungkan ke port C mikrokontroler. Pin 1 dihubungkan ke Vcc (5V), pin 2 dan 16 dihubungkan ke Gnd (*Ground*), pin 3 merupakan pengaturan tegangan *Contrast* dari LCD, pin 4 merupakan *Register Select* (RS), pin 5 merupakan R/W (*Read/Write*), pin 6 merupakan *Enable*, pin 11-14 merupakan data. *Reset*, *enable*, R/W dan data dihubungkan ke mikrokontroller ATmega128. Fungsi dari potensiometer dalam rangkaian tersebut adalah untuk mengatur gelap/terangnya (*brighthness*) karakter yang ditampilkan pada LCD. Rangkaian LCD ini digunakan sebagai penampil data *monitoring* kadar CH₄, CO₂, dan H₂S pada input dan output kolom purifikasi

5) Perancangan Peletakan Mekanik Alat

Dalam perancangan peletakan sensor pada plant digunakan pipa yang lebih besar yaitu 2" sedangkan pipa aliran utama sebesar 1", hal tersebut dikarenakan agar dapat menghindari gangguan aliran yang terjadi akibat tabrakan dengan sensor. Peletakan sensor juga dibuat pada 1 titik penempatan yang sama agar pembacaan setiap aliran dapat diketahui kandungan gas secara bersamaan.



Gambar 3.8 Peletakan Sensor pada Plant

Peletakan sensor juga diletakan pada bagian input dan output plant purifikasi agar hasil gas dapat dibandingkan antara sebelum dan sesudah melewati purifikasi, sehingga dapat diketahui tingkat efektifitas plant purifikasi yang telah dibuat.

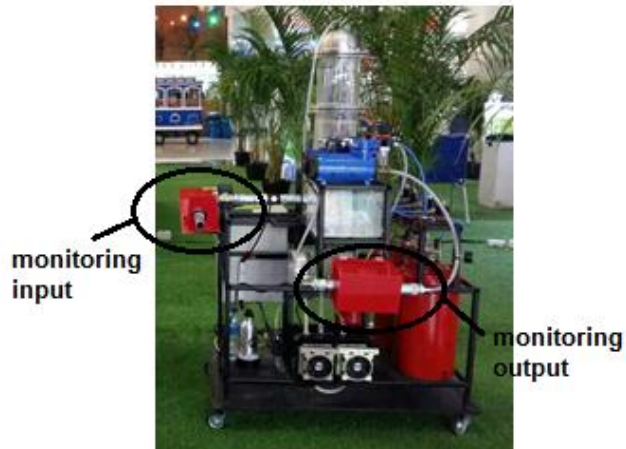
- **Pembuatan Alat**

Perakitan perangkat keras dan pembuatan program dari sistem monitoring dan penyimpanan data. Pada tahap ini dilakukan pemasangan rangkaian dengan sensor. Sensor yang terpasang kemudian dihubungkan dengan mikrokontroler kemudian *display* hasil pembacaan sensor dengan menggunakan LCD.

Pada tahap pembuatan alat ini akan dibagi menjadi 2 bagian, yaitu pembuatan *hardware* alat dan pembuatan *software* alat. Untuk pembuatan *hardware* terdiri dari pembuatan elektik dan mekanik pada alat, sedangkan pembuatan *software* berisi langkah-langkah cara memrogram mikrokontroler agar sistem monitoring dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

a. Pembuatan *Hardware* Alat

Pada pembuat alat akan dibuat sesuai dengan perancangan disain yang telah dibuat.

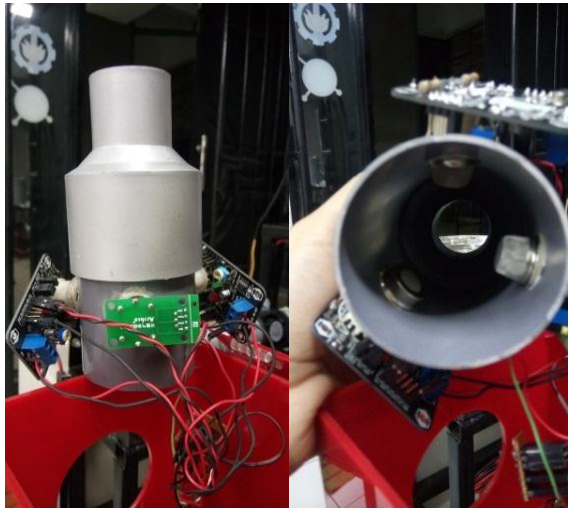


Gambar 3.9 Plant Purifikasi Biogas

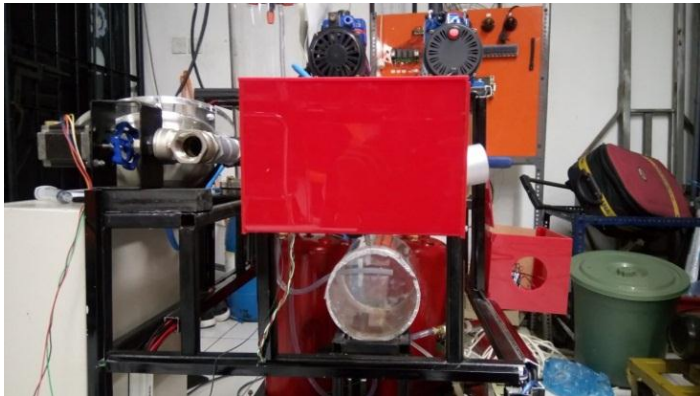
Sistem monitoring akan diproses oleh pemrosesan sinyal menggunakan ATmega 128. Berikut ini adalah port yang akan disambungkan dari beberapa komponen yang digunakan ke ATmega 128.

Tabel 3.2 Alokasi Port yang digunakan

No.	Port	Fungsi
1.	PortC	LCD
2.	PortD.0	SCL (TWI RTC)
3.	PortD.1	SDA (TWI RTC)
4.	PortE.0	RX (SDCard)
5.	PortE.1	TX (SDCard)
6.	PortE.2	SDA (Sensor Gas)
7.	PortE.3	SCL (Sensor Gas)
8.	PortF.2	Sensor H ₂ S (Input)
9.	PortF.3	Sensor H ₂ S (Output)
10.	PortF4	Sensor CH ₄ (Input)
11.	PortF5	Sensor CH ₄ (Output)



Gambar 3.10 Realisasi Peletakan Sensor

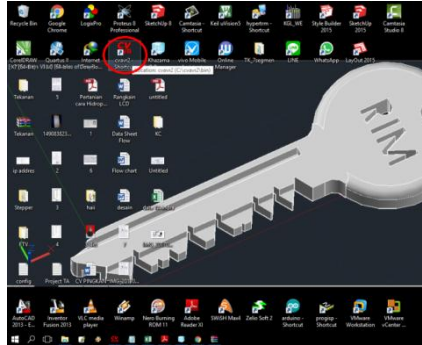


Gambar 3.11 *Packaging* Sensor

b. Pembuatan *Software* Alat

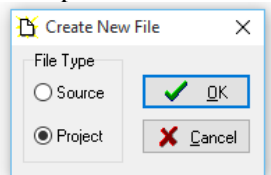
Tahap pembuatan software alat meliputi cara mengkonfigurasi seluruh komponen agar dapat dikontrol dengan ATmega 128. Kemudian untuk pemrograman menggunakan *software Code Vision AVR* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) *Software Code Vision AVR* dibuka.



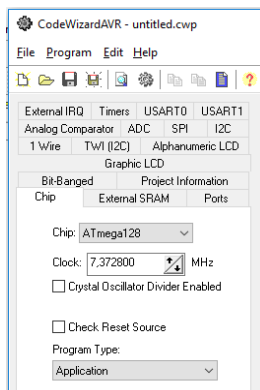
Gambar 3.12 *Open Software*

- 2) *File* dipilih, kemudian *New* dipilih. Kemudian akan muncul gambar seperti dibawah ini.



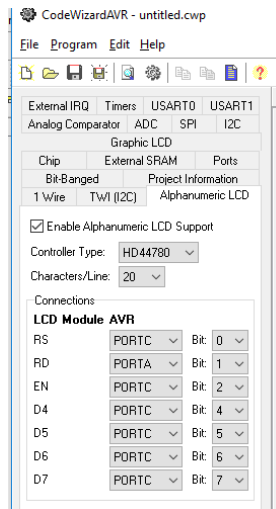
Gambar 3.13 *Create New File*

- 3) Pada *File Type*, *Project* dipilih, kemudian OK dipilih.
- 4) Pada *Chip*, ATmega128 dipilih dan pada frekuensi *clock* diisi seperti gambar 3.14



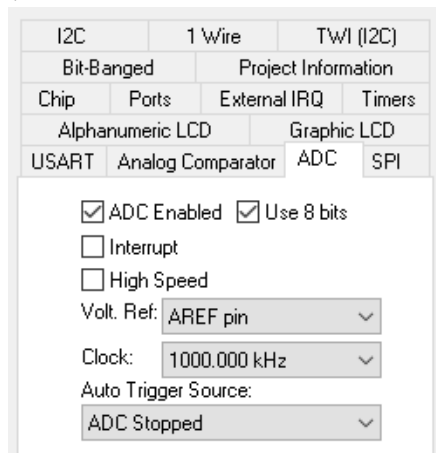
Gambar 3.14 *Chip pada Code Vision AVR*

- 6) Pada *Alphanumeric LCD*, *Enable Alphanumeric LCD Support* dipilih, kemudian pada *Characters/Line* dipilih 20, dan pada *LCD Module AVR* dipilih *PORTC*.



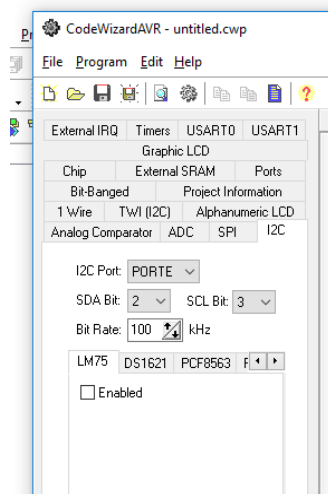
Gambar 3.15 *Alphanumeric LCD* pada *Code Vision*

- 7) Pada *ADC*, *ADC Enable* dipilih dan *Use 8 bits* dipilih.



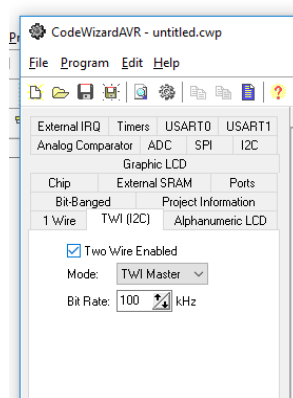
Gambar 3.16 *ADC* pada *Code Vision AVR*

- 8) Konfigurasi *I2C*, digunakan untuk membaca data dari modul sensor gas dengan menggunakan komunikasi *I2C*.



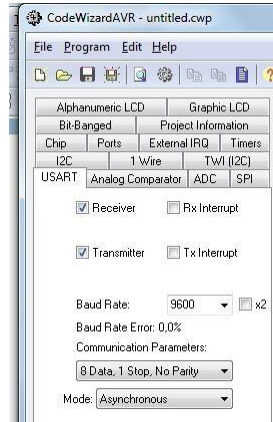
Gambar 3.17 *I2C* pada Code Vision AVR

- 9) Pada *TWI (I2C)*, konfigurasi komunikasi *TWI* digunakan untuk *Real Time Clock* pada CVAVR dapat dilihat pada Gambar 3.18.



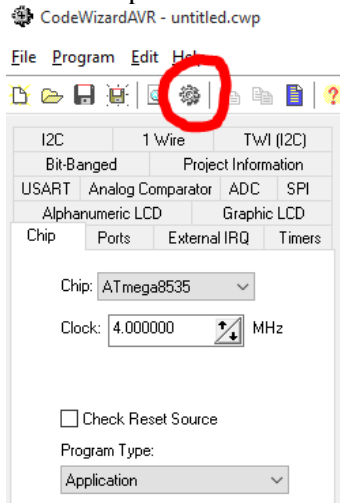
Gambar 3.18 Konfigurasi *TWI* untuk RTC DS1307

- 10) Konfigurasi USART, untuk melakukan pengiriman data datalogger menggunakan konfigurasi USART pada CVAVR yang ditunjukkan seperti pada Gambar 3.19



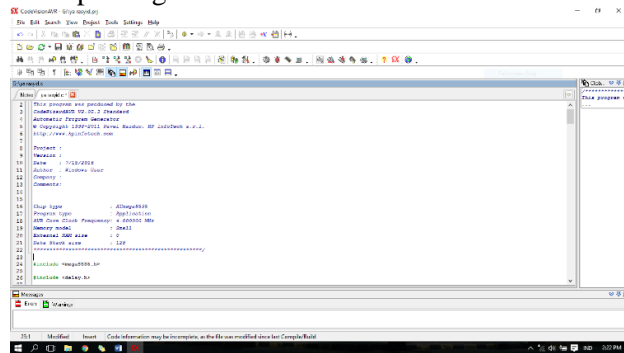
Gambar 3.19 Konfigurasi USART

- 11) Kemudian tombol seperti dibawah ini dipilih.



Gambar 3.20 Tombol *Generate*

- 12) Setelah itu akan muncul program yang telah diatur dan pemrograman bisa dilakukan.



Gambar 3.21 Tampilan Awal Program

Setelah melakukan konfigurasi pada *software* CVAVR selanjutnya akan melakukan pemrograman untuk komponen yang akan digunakan.

a. Pemrograman Sensor

Cara agar dapat membaca data dari modul sensor gas adalah dengan menggunakan komunikasi I2C. Berikut ini perintah untuk membaca data dari modul sensor gas metana dan karbon dioksida pada input dan output plant purifikasi biogas.

```
//Co2 input
i2c_start(); // Start Condition
i2c_write(0xE6); // Write to DT-SENSE module
i2c_write(0x41); // "Read Sensor" Command
i2c_stop(); // Stop Condition
delay_us(10); // 10 us delay
i2c_start(); // Start Condition
i2c_write(0xE7); // Read from DT-SENSE module
temp3a = i2c_read(1); // Data Sensor MSB
temp3b = i2c_read(0); // Data Sensor LSB
i2c_stop(); // Stop Condition
sensor3 = (temp3a * 256) + temp3b ;
itoa(sensor3,tampil3);
```

```

delay_ms(10);

//Co2 output
i2c_start(); // Start Condition
i2c_write(0xE4); // Write to DT-SENSE module
i2c_write(0x41); // “Read Sensor” Command
i2c_stop(); // Stop Condition
delay_us(10); // 10 us delay
i2c_start(); // Start Condition
i2c_write(0xE5); // Read from DT-SENSE module
temp4a = i2c_read(1); // Data Sensor MSB
temp4b = i2c_read(0); // Data Sensor LSB
i2c_stop(); // Stop Condition
sensor4 = (temp4a * 256) + temp4b ;
itoa(sensor4,tampil4);
delay_ms(10);

```

b. Pemrograman RTC (*Real Time Clock*)

konfigurasi akses data pada *real time clock* dengan TWI sudah bisa memanfaatkan *library* dari *ds1307_twi.h*. Dari *library* tersebut sudah disediakan fungsi-fungsi yang dibutuhkan untuk membaca data dari *real time clock*.

Agar dapat dipakai, terlebih dahulu harus dilakukan inisialisasi awal berupa pengaturan jam dan tanggal yang sesuai, lalu *download* program ke mikrokontroler. Setelah sudah diberikan inisialisasi awal maka baris program pengaturan jam dan tanggal dapat dihilangkan kemudian *download* program lagi ke mikrokontroler. Berikut baris program untuk melakukan inisialisasi awal.

```

rtc_set_time(06,56,00); //set time
rtc_set_date(0,11,06,17); //set date

```

Jika inisialisasi awal sudah dilakukan, maka untuk membaca data dapat dilakukan dengan fungsi yang sudah disediakan oleh *library* TWI. Berikut menunjukkan baris perintah untuk membaca dari RTC.

```

//jam dan menit
rtc_get_time(&h,&m,&s);

```

```

rtc_get_date(0,&dd,&mm,&yy);
sprintf(buf0,"Jam : %02d:%02d:%02d",h,m,s);
lcd_gotoxy(0,2);
lcd_puts(buf0);

//tanggal dan bulan
rtc_get_date(0,&dd,&mm,&yy);
sprintf(buf1,"Date:%02d:%02d:%02d",dd,mm,yy);
//+2000);
lcd_gotoxy(0,3);
lcd_puts(buf1);

```

c. Pembuatan Data Logger

Modul *Openlog* dapat diatur konfigurasinya dengan mengubah isi file CONFIG.TXT yang terdapat pada *memory card* yang sebelumnya sudah dimasukkan ke dalam modul *Openlog* yang sudah diberi catu daya. Konfigurasi yang diubah disesuaikan dengan kebutuhan pengerjaan Tugas Akhir. Konfigurasi yang diubah adalah penggunaan mode *Sequential Log*.

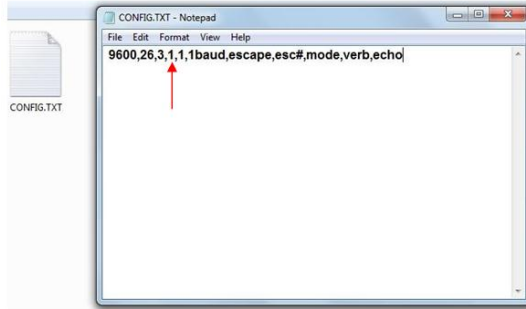
Untuk dapat mengubah konfigurasi ke mode *Sequential Log* maka masukkan *memory card* pada computer dan buka file *CONFIG.TXT* yang ada pada *memory card* dengan notepad. Setelah itu akan muncul serangkaian baris kode perintah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.20



Gambar 3.22 Pengaturan CONFIG.TXT

Setiap 1 jenis konfigurasi dibatasi dengan tanda “ , ” (koma). Konfigurasi *Sequential Log* didapatkan dengan cara mengubah angka secara manual dengan keyboard pada konfigurasi keempat

atau setelah tanda koma ketiga. Ubah angka 0 (nol) menjadi 1 (satu) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.21 Setelah konfigurasi selesai, tekan CTRL+S untuk menyimpan perubahan. Setelah itu keluar dari program notepad dan lakukan *safely remove* pada *memory card*.



Gambar 3.23 Konfigurasi *Sequential Log*

Jika proses tersebut sudah dilakukan, maka masukkan lagi *memory card* pada *OpenLog* dan berikan catu daya. Setelah itu, *led* pada *Openlog* akan berkedip selama beberapa kali, yang menandakan proses konfigurasi berhasil dilakukan. Kemudian, untuk memeriksa apakah konfigurasi berhasil maka matikan lagi catu daya *OpenLog*. Ambil *memory card* dan masukkan lagi ke dalam komputer. Jika proses konfigurasi berhasil, maka akan ada dua file *.TXT* yaitu *SEQLOG00.TXT* dan *CONFIG.TXT*.

Berikut ini barisan program yang mengirimkan data pembacaan sensor-sensor, serta data jam dan tanggal.

```
//send Data ke Data Logger
printf("%02i:%02i:%02i",h,m,s); //jam
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%02i:%02i:%02i",dd,mm,yy); //Tanggal
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%i",sensor1); //CH4 Input
delay_ms(10);
```



```

printf(",");
printf("%i",sensor2); //CH4 Output
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%i",H2S2); //H2S Input
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%i",H2S3); //H2S Output
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%i",sensor3); //CO2 Input
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%i",sensor4); //CO2 Output
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%02d",freq); //Flow
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%i",H2S1); //H2S Control
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%i",tekanan1); //tekanan 1
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%i",tekanan2); //tekanan 2
printf("\n");
}

```

Kemudian, untuk pengiriman antar data memerlukan *delay* sebesar 10 ms. Hal ini merupakan pengaturan yang disarankan oleh pabrikan modul jika mode *Sequential Log* digunakan. Data yang disimpan pada *memory SDCard* adalah semua data variable yang telah diukur maupun yang di *control*.

- **Uji Coba Alat**

Pengujian uji coba alat diuji dengan cara membandingkan nilai pada alat ukur standar dengan alat ukur yang telah dibuat.

Pada tahap ini sensor MQ-1, MQ-136 dan MG811 akan dibandingkan dengan alat ukur yang standar yang telah dipinjam dari Perudahaan Gas Negara (PGN) Surabaya.

a. Sensor Gas Metane (MQ-4)

Pengujian sensor gas metan menggunakan alat ukur LMM (Laser Methane Mini). Dari sample biogas yang diletakan pada ban mobil akan diukur dengan alat standard dan alat uji dan kemudian membandingkan pembacaan dari 2 alat tersebut. Dibawah ini adalah proses uji coba sensor MQ-4.



Gambar 3.24 Uji Coba Sensor MQ-4

b. Sensor Gas H₂S (MQ-136)

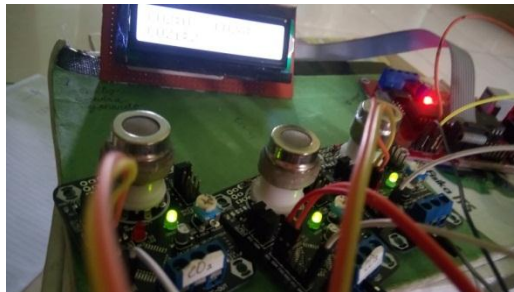
Pengujian sensor gas H₂S menggunakan alat ukur Gas-Pro. Sample pada pengujian sensor MQ-136 menggunakan serbuk sulfur yang dibakar. Hasil uji coba alat dengan cara membandingkan alat standard dan alat uji. Dibawah ini adalah proses uji coba sensor MQ-136.



Gambar 3.25 Uji Coba Sensor MQ-136

c. Sensor Gas Karbon dioksida (MG-811)

Pengujian sensor dengan cara membandingkan alat kalibrator yang berada di Perusahaan Gas Negara Surabaya dengan pembacaan alat ukur yang diuji. Sample yang digunakan untuk pengujian sensor MG-811 adalah dengan menggunakan *baking soda* yang ditetesi oleh air cuka atau bisa juga dengan menggunakan cara ditiup.



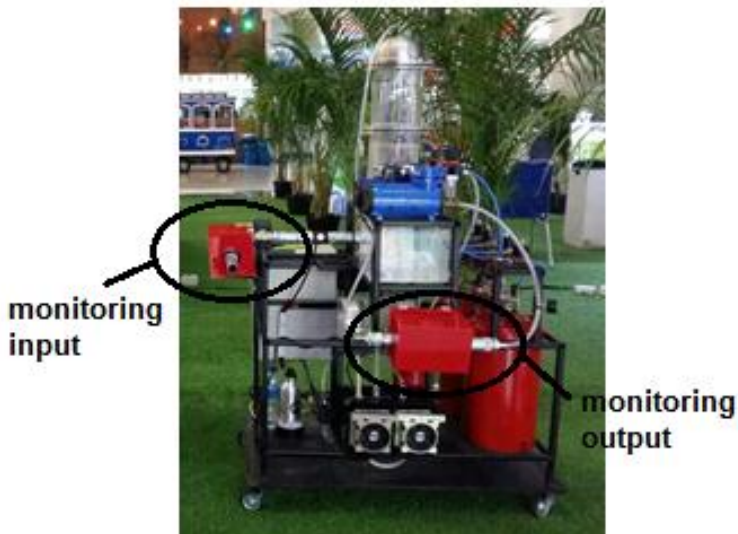
Gambar 3.26 Uji Coba Sensor MG-811

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB IV HASIL DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancang Bangun Alat

Berikut ini adalah perancangan sistem monitoring gas CH_4 , CO_2 , H_2S pada purifikasi biogas berbasis ATmega128.



Gambar 4.1 *Purification System Plant*

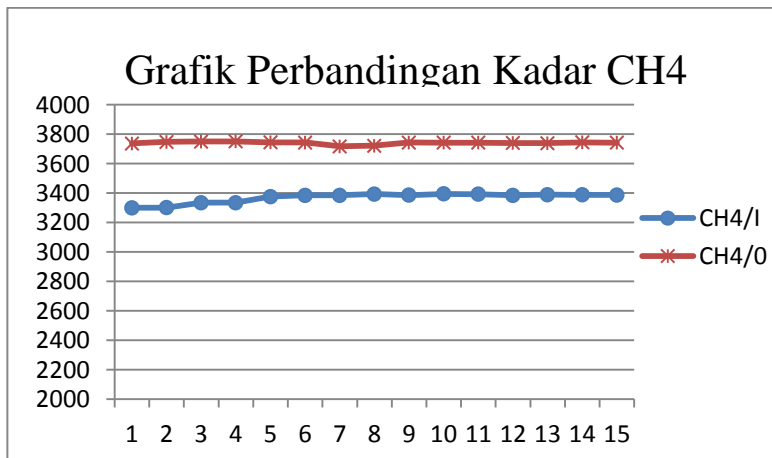
Untuk mengetahui apakah kerja sistem purifikasi ini efektif atau tidak, dapat dilihat dari perbandingan nilai kandungan gas yang terdapat pada inlet dan outlet purifikasi biogas. Pada proses Sistem Monitoring Kadar CH_4 , CO_2 Dan H_2S Pada Proses Purifikasi Biogas Dengan *Water Scrubber System* ini digunakan 6 buah sensor dengan 3 jenis sensor yang berbeda. Sensor yang digunakan pada adalah sensor MQ-4, MQ-136 dan MG-811 yang mempunyai nilai karakteristik yang berbeda-beda.

Pada sistem ini juga dilengkapi dengan RTC(real time clock) yang berfungsi untuk menampilkan waktu yang sebenarnya, openlog datalogger yang digunakan untuk penyimpanan data ke memory SD Card dan LCD sebagai *indicator* penampil data.

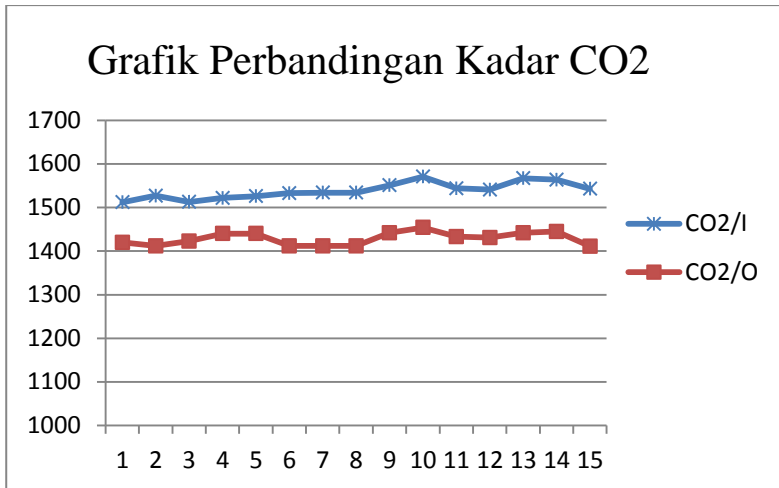
Tabel 4.1 Hasil *Monitoring* Purifikasi Biogas (Lanjutan)

No.	CH ₄ /I	CH ₄ /O	H ₂ S/I	H ₂ S/O	CO ₂ /I	CO ₂ /O
10	3394	3742	22.09	1.12	1571	1454
11	3392	3742	21.07	1.23	1544	1433
12	3384	3740	28.02	1.39	1541	1431
13	3389	3739	27.01	1.64	1567	1442
14	3388	3744	25.09	2.18	1564	1445
15	3387	3742	22.06	1.23	1543	1411

Dari hasil pengukuran tersebut dapat dilihat hasil grafik dari setiap *variable* gas yang telah diukur. Dibawah ini adalah grafik hasil monitoring input dan output system purifikasi biogas yang telah dilakukan :

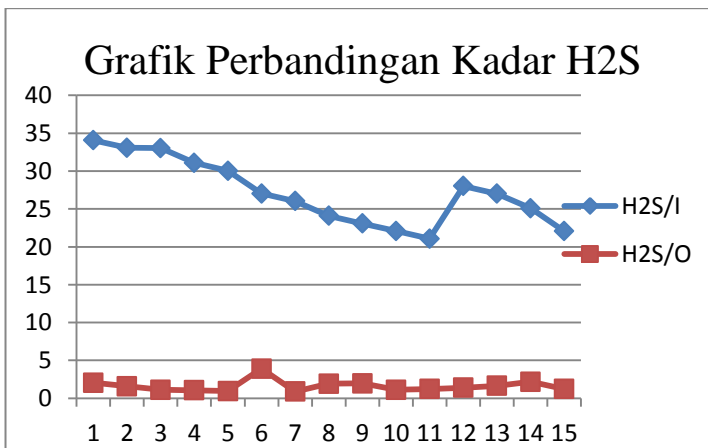
**Gambar 4.3** Grafik Kadar CH₄

Dapat dilihat bahwa nilai kadar gas CH₄ pada output purifikasi terjadi kenaikan ppm sebesar 27.15%. Peningkatan nilai konsentrasi CH₄ terjadi setelah melewati kolom purifikasi.



Gambar 4.4 Grafik Kadar CO2

Dapat dilihat pada Gambar 4.4 bahwa nilai kadar gas CO2 pada output purifikasi terjadi penurunan. Besarnya penurunan ini sebanyak 7.16% . Dibawah ini adalah grafik perbandingan sebelum dan sesudah kolom purifikasi pada gas H2S terjadi penurunan sebesar 94.04%.



Gambar 4.5 Grafik Kadar H₂S

4.2 Hasil Pengujian Alat

Setelah melakukan pengujian alat yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, berikut ini merupakan hasil dari pengujian alat.

- **Hasil Sensor CH₄**

Untuk mendapatkan hasil nilai ppm diperlukan pengambilan nilai RO yang merupakan nilai RS pada konsentrasi gas metana sebesar 1000 ppm. RS dapat dicari menggunakan rumus seperti berikut :

$$RS = \left(\frac{5}{VRL} - 1 \right) \times RL \quad (4.1)$$

Keterangan :

RS = Resistansi Sensor

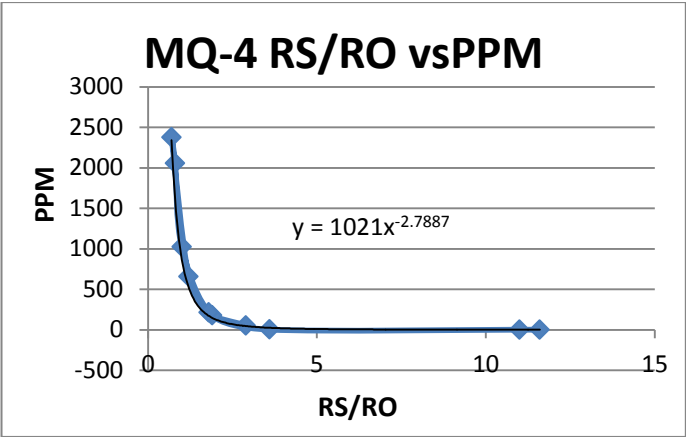
VRL = Tegangan Sensor

RL = *Load resistance (adjustable)*

Didapatkan nilai RO = 10 dengan RL = 4.7. Nilai PPM didapatkan dengan cara menghitung persamaan regresi dari nilai RS/RO dengan PPM. Berikut ini adalah tabel pengambilan data, RS/RO didapatkan dari pembacaan alat dan PPM standar adalah nilai PPM pada kalibrator.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Sensor MQ-4

No.	RS/RO	PPM Std
1.	11.6	1.8
2.	11.0	1.7
3.	3.6	2.9
4.	1.9	177.9
5.	1.0	1022.7
6.	0.8	2055.2
7.	0.7	2376.7
8.	1.2	657.3
9.	1.8	215.5
10.	2.9	53.2



Gambar 4.6 Grafik RS/RO vs PPM

Hasil nilai persamaan regresi yang telah didapatkan, konsentrasi nilai sensor gas MQ-4 dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$PPM = 1021\left(\frac{RS}{RO}\right)^{-2.7887} \tag{4.2}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan data perbandingan antara PPM MQ-4 dengan PPM alat standart adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Pengambilan data sensor MQ-4

NO.	RS	RO	RS/RO	PPM	PPM Std
1.	125.24	10	12.52	0.88	0.9
2.	121.82	10	12.18	0.95	1.2
3.	107.11	10	10.71	1.37	1.5
4.	60.27	10	6.02	6.81	6
5.	59.4	10	5.94	7.09	6
6.	40.65	10	4.06	20.42	20.3
7.	39.01	10	3.90	22.93	22.2
8.	38.61	10	3.86	23.58	24.0
9.	14.3	10	1.43	376.24	367.3

Tabel 4.3 Pengambilan data sensor MQ-4 (Lanjutan)

NO.	RS	RO	RS/RO	PPM	PPM Std
10.	10.09	10	1.009	994.6	1000
11.	10.04	10	1.004	1007.24	1012.5
12.	5.66	10	0.566	4987.21	5017
13.	5.64	10	0.564	5042.35	5210.7

Untuk mengetahui pembacaan konsentrasi gas pada alat yang telah dibuat sudah benar maka karakteristik sensor dibandingkan dengan karakteristik sensitivitas yang terdapat pada datasheet sesuai pada tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-4

Symbol	Parameter name	Technical parameter
Rs	Sensing Resistance	10K Ω - 60K Ω (1000ppm CH ₄)
α (1000ppm/ 5000ppm CH ₄)	Concentration slope rate	≤ 0.6

Sensing Resistance :

$$RS_{1000ppm} = 10.04$$

Concentration slope rate :

$$Rs (1000 \text{ ppm}) / Rs (5000 \text{ ppm CH}_4) < 0.6$$

$$((10.04 \text{ k}\Omega) / 5.64 \text{ k}\Omega) < 0.6$$

$$0.56 < 0.6$$

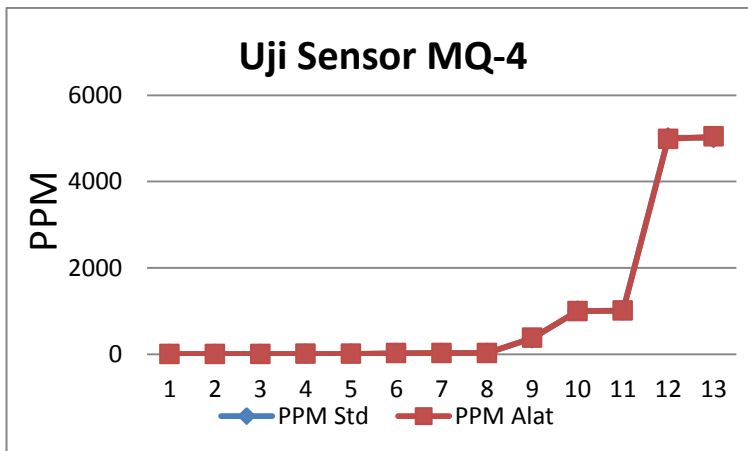
Tabel 4.5 Perbandingan MQ-4 dengan Standar

No.	PPM	PPM Std	Koreksi
1.	0.88	0.9	0.02
2.	0.95	1.2	0.25
3.	1.37	1.5	0.13
4.	6.81	6	-0.81
5.	7.09	6	-1.09

Tabel 4.5 Perbandingan MQ4 dengan Standar (Lanjutan)

No.	PPM Alat	PPM Std	Koreksi
6.	20.42	21.3	0.88
7.	25.93	25.2	-0.73
8.	23.58	24.0	0.42
9.	366.24	367.3	1.06
10.	997.6	1000	2.40
11.	1010.24	1012.5	2.26
12.	5015.21	5017	1.79
13.	5012.35	5010.7	-1.65
Σ	12488.67	12493.6	4.93
Rata-Rata	960.67	961.04	0.25

Dari hasil pengukuran tersebut dapat dilihat hasil grafik dari perbandingan nilai alat uji dan alat standart. Dibawah ini adalah grafik hasil pengujian MQ-4 yang telah dilakukan :

**Gambar 4.7** Grafik Uji Sensor MQ-4

Dari gambar 4.7 dapat dilihat bahwa pembacaan alat sudah mendekati dengan standar. Namun masih terdapat beberapa titik yang masih terdapat *error* pembacaan. Berdasarkan data yang

telah didapatkan dari pengujian alat, maka dapat diperoleh nilai karakteristik static dari alat ukur kadar gas CH₄ sebagai berikut:

- *Range* : 0 – 10.000 ppm
- *Span* : 10.000
- *Resolusi* : 0.01
- *Sensitivitas* : 0,258 mV/ppm
- *Non-linieritas* : 0.02 %
- *Akurasi* : 0.29%

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik kadar gas CH₄ berdasarkan data pada tabel 4.5 yang dihitung menggunakan rumus persamaan pada BAB II [18] :

- $\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta \text{Output}}{\Delta \text{Input}} = \frac{(2580-0)\text{mV}}{(10000-0)\text{ppm}} = 0,258\text{mV/ppm}$
- *Non-linieritas*

$$O_{\text{Ideal}} = KI + \alpha$$

Dengan K adalah kemiringan garis:

$$\begin{aligned} K &= \frac{O_{\text{max}} - O_{\text{min}}}{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}} \\ &= \frac{5012.35 - 0.88}{5010.7 - 0.9} \\ &= 1.0003 \end{aligned}$$

Dan α adalah pembuat nol (*zero bias*):

$$\begin{aligned} \alpha &= O_{\text{min}} - KI_{\text{min}} \\ &= 0.88 - (1.0003 \times 0.9) \\ &= -0.0203 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai Non-linieritas:

$$\begin{aligned} N &= \frac{[O - KI + \alpha]_{\text{max}}}{O_{\text{max}} - O_{\text{min}}} \times 100\% \\ &= \frac{1.108}{5012.35 - 0.88} \times 100\% \\ &= 0.02 \% \end{aligned}$$

- Akurasi

$$\text{Akurasi} = \frac{(100\%)}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t}$$

dengan

X_t = Nilai pembacaan standart (PPM)

F_t = Nilai pembacaan alat (PPM)

n = Jumlah data

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= \frac{(100\%)}{13} \sum_{t=1}^n 0.037 \\ &= 0.29\% \end{aligned}$$

Nilai akurasi berarti ketakakuratan (*inaccuracy*), yaitu selisih maksimum antara nilai keluaran sensor dari nilai masukan ideal/sesungguhnya (*actual input*). Nilai akurasi ini diperoleh dengan menggunakan persamaan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) yaitu salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung validasi.

Berikut ini merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur, dimana kalibrasi dilakukan di ruangan terbuka:

- Nilai Ketidakpastian *Type A*:

$$\begin{aligned} \sigma \text{ (Standar Deviasi)} &= \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \\ &= 1.28 \end{aligned}$$

Sehingga nilai ketidakpastian hasil pengukuran:

$$\begin{aligned} U_{a1} &= \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ U_{a1} &= \frac{1.28}{\sqrt{13}} = 0.35 \end{aligned}$$

$$\text{Sedangkan nilai ketidakpastian regresi } U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}}$$

Dimana:

$$Y_{reg} = a + (b \cdot x_i)$$

$$a = \frac{(\sum x_i^2)(\sum y_i) - (\sum xi)(\sum xi.y_i)}{n \cdot \sum xi^2 - (\sum xi)^2} = 0.35$$

$$b = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - \sum xi \sum y_i}{n \cdot \sum xi^2 - (\sum xi)^2} = 0.000026$$

Dimana:

xi = Pemb. standar,

yi = Nilai koreksi,

n = Jumlah data

$$SSR = \sum (y_i - Y_{reg})^2 = 2040.73$$

Sehingga menghasilkan nilai SSR =

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} = \sqrt{\frac{19.43}{13-2}} = 1.32$$

b. Nilai Ketidakpastian *Type B*:

Pada tipe ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi (U_{b1}) dan Ketidakpastian alat standar *pressure gauge* (U_{b2}). Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$U_{b1} = \frac{\frac{1}{2}x \text{ Resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2}x 0,01}{\sqrt{3}} = 0.0029$$

$U_{b2} = \frac{a}{k}$ dikarenakan pada alat standar tidak ada sertifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasi) dianggap mendekati 0, dan nilai faktor cakupan dianggap 2,0. Sehingga hasil : $U_{b2} = 0$

c. Nilai Ketidakpastian Kombinasi U_c

$$U_c = \sqrt{U_{a1}^2 + U_{a2}^2 + U_{b1}^2 + U_{b2}^2}$$

$$U_c = \sqrt{(0.35)^2 + 1.32^2 + 0.0029^2 + 0^2}$$

$$U_c = 1.37$$

Dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, $V = n-1$, sehingga :

$V_1 = 12$; $V_2 = 12$; $V_3 = \infty$; $V_4 = 60$ (berdasarkan table *T-Student*)

Dengan nilai V_{eff} (Nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i}$$

$$V_{eff} = \frac{(1.37)^4}{(0.35)^4 / 12 + (1.32)^4 / 12 + (0.0029)^4 / \infty + (0.00)^4 / 60}$$

$V_{eff} = 13,70$, sehingga jika dibulatkan menjadi 14, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 2.145.

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluas sebesar :

$$U_{exp} = k \times U_c$$

$$U_{exp} = 2.145 \times 1.37 = 2.95$$

• Hasil Sensor CO2

Untuk mendapatkan hasil nilai ppm, diperlukan pengambilan nilai EMF yang merupakan tegangan yang keluar dari sensor.

$$EMF = \left(\frac{read_adc}{1023} \times 5 \right) \times 1000 \quad (4.3)$$

Keterangan :

EMF = Keluaran Tegangan Sensor (mV)

. Nilai PPM didapatkan dengan cara menghitung persamaan regresi dari nilai EMF dengan PPM nilai pada kalibrator. Sehingga konsentrasi nilai sensor gas MG-811 dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

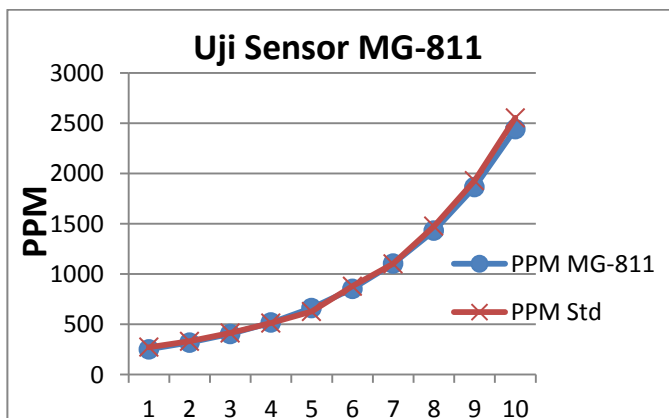
$$PPM = -17.644\ln(x) + 264.76 \quad (4.4)$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Sensor MG-811

No.	EMF	PPM MG-811	PPM Std	Koreksi
1.	332.35	310.36	312	1.64
2.	327.46	400.58	400	-0.58
3.	322.58	424.14	423	-1.14
4.	317.69	516.29	512	-4.29
5.	312.80	522.06	527	4.94
6.	307.91	972.31	978	5.69
7.	303.03	1001.6	1000	-1.60
8.	298.14	1679.9	1674	-5.90
9.	293.25	2024.1	2029	4.90
10.	288.36	2850.9	2853	2.10
Σ	3103.57	10702.24	10708	5.76
Rata-rata	310.35	1070.22	1070.8	0.58

Dari hasil pengukuran tersebut dapat dilihat hasil grafik dari perbandingan nilai alat uji dan alat standart. Dibawah ini adalah grafik hasil pengujian MG-811 yang telah dilakukan :



Gambar 4.8 Grafik Uji Sensor MG-811

Dari gambar 4.8 dapat dilihat bahwa pembacaan alat sudah mendekati dengan standar. Namun masih terdapat beberapa titik yang masih terdapat *error* pembacaan. Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian alat, maka dapat diperoleh nilai karakteristik static dari alat ukur kadar gas CO₂ sebagai berikut:

- *Range* : 300 – 10.000 ppm
- *Span* : 9700
- *Resolusi* : 0.01
- *Sensitivitas* : 0,0096 mV/°C
- *Non-linieritas* : 0.3 %
- *Akurasi* : 0.42%

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik kadar gas CH₄ berdasarkan data pada tabel 4.6 yang dihitung menggunakan rumus persamaan pada BAB II [18] ::

- *Sensitivitas* = $\frac{\Delta Output}{\Delta Input} = \frac{(356.79 - 263.92)mV}{(10.000 - 300)^{\circ}C} = 0,0096 \text{ mV}/^{\circ}C$
- *Non-linieritas*

$$O_{Ideal} = KI + \alpha$$

Dengan K adalah kemiringan garis:

$$\begin{aligned} K &= \frac{O_{max} - O_{min}}{I_{max} - I_{min}} \\ &= \frac{2850.9 - 310.36}{2853 - 312} \\ &= 0.99 \end{aligned}$$

Dan α adalah pembuat nol (*zero bias*):

$$\begin{aligned} \alpha &= O_{min} - KI_{min} \\ &= 310.36 - (0.99 \times 312) \\ &= -1.58 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai Non-linieritas:

$$N = \frac{[O - KI + \alpha]_{max}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

$$= \frac{7.78}{2850.9 - 310.36} \times 100\% = 0.3\%$$

- Akurasi

$$\text{Akurasi} = \frac{(100\%)}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t}$$

dengan

X_t = Data aktual pada periode t

F_t = Data pemodelan pada periode t

n = Jumlah data

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= \frac{(100\%)}{10} \sum_{t=1}^n 0.042 \\ &= 0.42\% \end{aligned}$$

Nilai akurasi berarti ketakakuratan (*inaccuracy*), yaitu selisih maksimum antara nilai keluaran sensor dari nilai masukan ideal/sesungguhnya (*actual input*). Nilai akurasi ini diperoleh dengan menggunakan persamaan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) yaitu salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung validasi.

Berikut ini merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur, dimana kalibrasi dilakukan di ruangan terbuka:

- Nilai Ketidakpastian *Type A*:

$$\begin{aligned} \sigma \text{ (Standar Deviasi)} &= \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \\ &= 3.97 \end{aligned}$$

Sehingga nilai ketidakpastian hasil pengukuran:

$$\begin{aligned} U_{a1} &= \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ U_{a1} &= \frac{3.97}{\sqrt{10}} = 1.25 \end{aligned}$$

$$\text{Sedangkan nilai ketidakpastian regresi } U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}}$$

Dimana:

$$Y_{reg} = a + (b \cdot x_i)$$

$$a = \frac{(\sum x_i^2)(\sum y_i) - (\sum x_i)(\sum x_i y_i)}{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = -0.09$$

$$b = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 0.001$$

Dimana:

x_i = Pemb. standar,

y_i = Nilai koreksi,

n = Jumlah data

$$SSR = \sum (y_i - Y_{reg})^2 = 139.45$$

Sehingga menghasilkan nilai SSR =

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} = \sqrt{\frac{139.45}{10-2}} = 4.17$$

b. Nilai Ketidakpastian *Type B*:

Pada tipe ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi (U_{b1}) dan Ketidakpastian alat standar *pressure gauge* (U_{b2}). Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$U_{b1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2} \times 0,01}{\sqrt{3}} = 0.0029$$

$U_{b2} = \frac{a}{k}$ dikarenakan pada alat standar tidak ada sertifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasi) dianggap mendekati 0, dan nilai faktor cakupan dianggap 2,0. Sehingga hasil : $U_{b2} = 0$

c. Nilai Ketidakpastian Kombinasi U_c

$$U_c = \sqrt{U_{a1}^2 + U_{a2}^2 + U_{b1}^2 + U_{b2}^2}$$

$$U_c = \sqrt{(1.25)^2 + 4.17^2 + 0.0029^2 + 0^2}$$

$$U_c = 4.36$$

Dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, $V = n-1$, sehingga : $V_1 = 9$; $V_2 = 9$; $V_3 = \infty$; $V_4 = 60$ (berdasarkan table *T-Student*)

Dengan nilai V_{eff} (Nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i}$$

$$V_{eff} = \frac{(4.36)^4}{(1.25)^4/9 + (4.17)^4/9 + (0.0029)^4/\infty + (0.00)^4/60}$$

$V_{eff} = 10.61$, sehingga jika dibulatkan menjadi 11, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 2.201.

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluas sebesar :

$$U_{exp} = k \times U_c$$

$$U_{exp} = 2.201 \times 4.36 = 9.59$$

4.2.3 Hasil Sensor H2S

Untuk mendapatkan hasil nilai konsentragis gas H2S dapam datuan PPM (*part per milllion*) diperlukan pengambilan nilai RO. RO adalah ketetapan yang didapatkan dari hasil pengambilan nilai RS pada konsentrasi gas H2S sebesar 40 ppm. RS adalah hambatan yang berubah-ubah sesuai konsentrasi gas H2S yang telah dideteksi oleh sendor MQ-136. Berikut ini adalah rumus untuk menghitung nilai RS :

$$RS = \left(\frac{5}{VRL} - 1 \right) \times RL \quad (4.5)$$

Keterangan :

RS = Resistansi Sensor

VRL = Tegangan Sensor

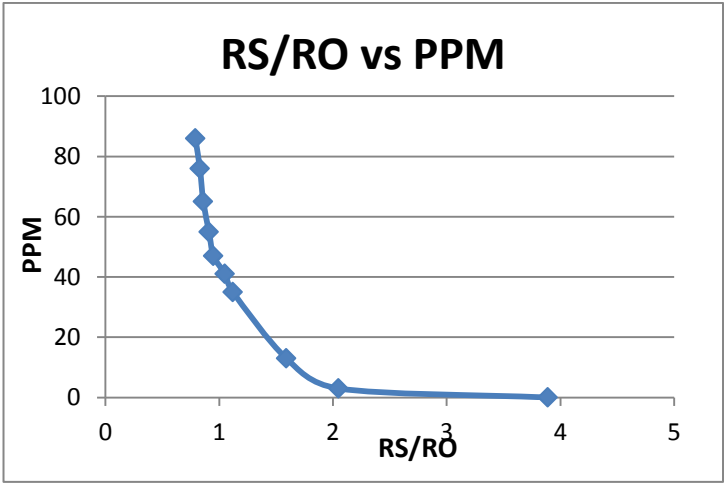
RL = Load resistance (*adjustable*)

Didapatkan nilai $RO = 104.611$ dengan $RL = 53$. Nilai PPM didapatkan dengan cara menghitung persamaan regresi dari hasil perbandingan nilai RS/RO dengan PPM standart yang sudah diukur.

Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Sensor MQ-136

No.	RS/RO	PPM Standard
1	3.89	0
2	2.05	3
3	1.59	13
4	1.12	35
5	1.05	41
6	0.95	47
7	0.91	55
8	0.86	65
9	0.83	76
10	0.79	86

Dari hasil pengukuran tersebut dapat dilihat hasil grafik dari perbandingan nilai alat uji dan alat standart. Dibawah ini adalah grafik hasil pengujian MQ-136 yang telah dilakukan :



Gambar 4.8 Grafik MQ-136 RS/RO vs PPM

Pada Gambar 4.8 didapatkan nilai persamaan regresi yang telah didapatkan. Konsentrasi nilai sensor gas MQ-136 dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$PPM = 39.996 \left(\frac{RS}{RO} \right)^{-3.303} \quad (4.6)$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.8 Pengambilan Data Sensor MQ-136

NO.	RS	RO	RS/RO	PPM
1	308.46	104.611	2.948638	1.12
2	303.7	104.611	2.903136	1.18
3	253.32	104.611	2.421543	2.15
4	249.89	104.611	2.388755	2.25
5	194.57	104.611	1.859989	5.15
6	186.9	104.611	1.786619	5.8
7	160.46	104.611	1.533873	9.7
8	157.9	104.611	1.509401	10.25
9	144.16	104.611	1.378058	13.8
10	143.4	104.611	1.370793	14.09
11	139.26	104.611	1.331275	15.54
12	135.26	104.611	1.292981	17.11
13	134.6	104.611	1.286672	17.39
14	129.55	104.611	1.238397	19.73
15	120.73	104.611	1.221	20.6

Untuk mengetahui pembacaan konsentrasi gas pada alat yang telah dibuat sudah benar maka karakteristik sensor dibandingkan dengan karakteristik sensitivitas yang terdapat pada datasheet sesuai pada tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-136

Symbol	Parameter name	Technical parameter
Rs	Sensing Resistance	30K Ω -200K Ω (10ppm H ₂ S)
α (20/5) H ₂ S	Concentration Slope rate	≤ 0.65

Sensing Resistance :

$$RS_{10ppm} = 157.9$$

Concentration slope rate :

$$Rs (20 \text{ ppm}) / Rs (5 \text{ ppm H}_2\text{S}) < 0.65$$

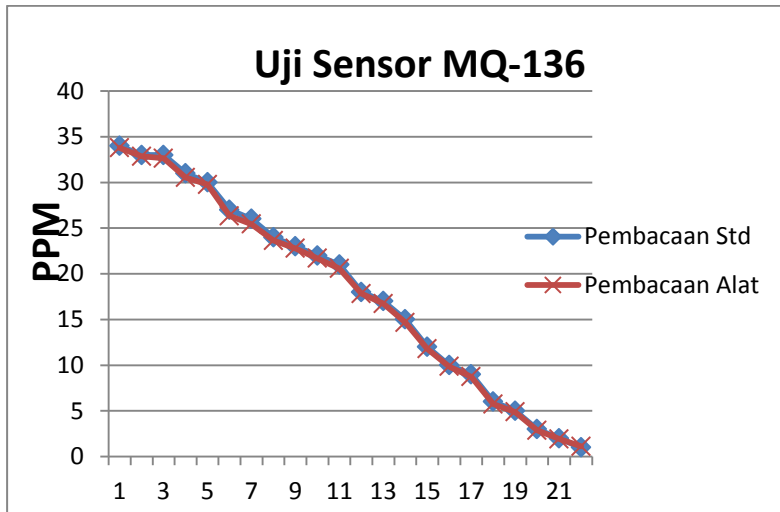
$$((120.73 \text{ k}\Omega) / 194.57 \text{ k}\Omega) < 0.6$$

$$0.62 < 0.65$$

Tabel 4.10 Perbandingan MQ-136 dengan Standar

No.	Hasil Ukur Konsentrasi H ₂ S (ppm)		Koreksi
	Pembacaan Std	Pembacaan Alat	
1	34	33.78	0.22
2	33	32.85	0.15
3	33	32.65	0.35
4	31	30.54	0.46
5	30	29.78	0.22
6	27	26.34	0.66
7	26	25.45	0.55
8	24	23.65	0.35
9	23	22.79	0.21
10	22	21.69	0.31
11	21	20.58	0.42
12	18	17.82	0.18
13	17	16.74	0.26
14	15	14.68	0.32
15	12	11.79	0.21
16	10	9.86	0.14
17	9	8.74	0.26
18	6	5.75	0.25
19	5	4.89	0.11
20	3	2.87	0.13
21	2	1.92	0.08
22	1	1.11	-0.11
Σ	402	396.27	5.73
Rata-rata	18.2727273	18.01227	0.26

Dari hasil pengukuran tersebut dapat dilihat hasil grafik dari perbandingan nilai alat uji dan alat standart. Dibawah ini adalah grafik hasil pengujian MQ-136 yang telah dilakukan :



Gambar 4.9 Grafik Uji Sensor MQ-136

Dari Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa pembacaan alat sudah mendekati dengan standar. Namun masih terdapat beberapa titik yang masih terdapat *error* pembacaan. Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian alat, maka dapat diperoleh karakteristik dari alat ukur kadar gas H₂S sebagai berikut:

- *Range* : 0 – 100 ppm
- *Span* : 100
- *Resolusi* : 0.01
- *Sensitivitas* : $0,02 \text{ }^V/\text{ppm}$
- *Non-linieritas* : 0.18 %
- *Akurasi* : 1.32%

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik kadar gas CH_4 berdasarkan data pada tabel 4.10 yang dihitung menggunakan rumus persamaan pada BAB II [18] :

- Sensitivitas $= \frac{\Delta \text{Output}}{\Delta \text{Input}} = \frac{(2.00-0)V}{(100-0)\text{ppm}} = 0,02 \text{ V/ppm}$
- Non-linieritas

$$O_{\text{Ideal}} = KI + \alpha$$

Dengan K adalah kemiringan garis:

$$\begin{aligned} K &= \frac{O_{\text{max}} - O_{\text{min}}}{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}} \\ &= \frac{33.78 - 1.11}{34 - 1} \\ &= 0,99 \end{aligned}$$

Dan α adalah pembuat nol (*zero bias*):

$$\begin{aligned} \alpha &= O_{\text{min}} - KI_{\text{min}} \\ &= 1.11 - (0,99 \times 1) \\ &= -0,12 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai Non-linieritas:

$$\begin{aligned} N &= \frac{[O - KI + \alpha]_{\text{max}}}{O_{\text{max}} - O_{\text{min}}} \times 100\% \\ &= \frac{0.06}{33.78 - 1.11} \times 100\% \\ &= 0.18 \% \end{aligned}$$

- Akurasi

$$\text{Akurasi} = \frac{(100\%)}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t}$$

dengan

X_t = Data aktual pada periode t

F_t = Data pemodelan pada periode t

n = Jumlah data

$$\text{Akurasi} = \frac{(100\%)}{22} \sum_{t=1}^n 0.291$$

$$= 1.32\%$$

Nilai akurasi berarti ketakakuratan (*inaccuracy*), yaitu selisih maksimum antara nilai keluaran sensor dari nilai masukan ideal/sesungguhnya (*actual input*) . Nilai akurasi ini diperoleh dengan menggunakan persamaan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) yaitu salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung validasi.

Berikut ini merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur, dimana kalibrasi dilakukan di ruangan terbuka:

a. Nilai Ketidakpastian *Type A*:

$$\sigma (\text{Standar Deviasi}) = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = 1.23$$

Sehingga nilai ketidakpastian hasil pengukuran:

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$U_{a1} = \frac{1.23}{\sqrt{22}} = 0.26$$

$$\text{Sedangkan nilai ketidakpastian regresi } U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}}$$

Dimana:

$$Y_{reg} = a + (b \cdot x_i)$$

$$a = \frac{(\sum x_i^2)(\sum y_i) - (\sum x_i)(\sum x_i y_i)}{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 0.009$$

$$b = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 0.42$$

Dimana:

x_i = *Pemb. standar*,

y_i = *Nilai koreksi*,

n = *Jumlah data*

$$SSR = \sum (y_i - Y_{reg})^2 = 2.688$$

Sehingga menghasilkan nilai SSR =

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} = \sqrt{\frac{2.688}{22-2}} = 0.366$$

b. Nilai Ketidakpastian *Type B*:

Pada tipe ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi (U_{b1}) dan Ketidakpastian alat standar *pressure gauge* (U_{b2}). Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$U_{b1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2} \times 0,01}{\sqrt{3}} = 0.0029$$

$U_{b2} = \frac{a}{k}$ dikarenakan pada alat standar tidak ada sertifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasi) dianggap mendekati 0, dan nilai faktor cakupan dianggap 2,0. Sehingga hasil : $U_{b2} = 0$

c. Nilai Ketidakpastian Kombinasi U_c

$$U_c = \sqrt{U_{a1}^2 + U_{a2}^2 + U_{b1}^2 + U_{b2}^2}$$

$$U_c = \sqrt{(1.23)^2 + 0.366^2 + 0.0029^2 + 0^2}$$

$$U_c = 1.36$$

Dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, $V = n-1$, sehingga :

$V_1 = 21$; $V_2 = 21$; $V_3 = \infty$; $V_4 = 60$ (berdasarkan table *T-Student*)

Dengan nilai V_{eff} (Nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i}$$

$$V_{eff} = \frac{(1.36)^4}{(1.23)^4 / 21 + (0.366)^4 / 21 + (0.0029)^4 / \infty + (0.00)^4 / 60}$$

$V_{eff} = 10,46$, sehingga jika dibulatkan menjadi 10, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 2.228.

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluas sebesar :

$$U_{exp} = k \times U_c$$

$$U_{exp} = 2.042 \times 1.36 = 2.77$$

4.2.3 Hasil RTC

Hasil dari waktu modul ds1307 dengan waktu pada handphone.



Gambar 4.10 Hasil RTC DS1073

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa keterangan waktu pada RTC sama dengan keterangan waktu yang ditampilkan oleh handphone.

4.2.3 Hasil *Openlog Datalogger*

Penyimpanan data menggunakan *openlog datalogger* dapat berhasil disimpan pada *Microsoft excel*. Pada modul ini menggunakan pin TX yang akan disambungkan pada RX mikrokontroler dan pin RX modul akan disambungkan pada pin TX mikrokontroler.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	JAM	MIN	SEK	CH4	CO2	H2S	FLOW	TEKANAN 1	TEKANAN 2														
2	201017	9:59:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	201017	9:59:11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	201017	9:59:22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	201017	9:59:33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	201017	9:59:44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	201017	9:59:55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	201017	9:59:17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	201017	9:59:28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	201017	9:59:39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	201017	9:59:50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	201017	9:59:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	201017	9:59:12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	201017	9:59:24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	201017	9:59:35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	201017	9:59:46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	201017	9:59:57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	201017	9:59:08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	201017	9:59:19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	201017	9:59:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	201017	9:59:41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	201017	9:59:52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	201017	9:59:03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	201017	9:59:14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	201017	9:59:25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	201017	9:59:36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	201017	9:59:47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	201017	9:59:58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	201017	9:59:09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 4.11 Penyimpanan Data

Sistem Monitoring Kadar CH₄, CO₂ Dan H₂S Pada Proses Purifikasi Biogas ini menggunakan modul *openlog datalogger* sebagai penyimpanan data dan *SD Card* yang berkapasitas 16 GB. Pencatatan data yang dilakukan selama satu menit membutuhkan ruang penyimpanan pada *SD Card* rata-rata sebesar 3 KB=0.003 MB sehingga dalam waktu 1 hari akan membutuhkan kapasitas memory sebanyak 4.37MB, *SD Card* dengan kapasitas 16 GB memiliki nilai kapasitas maksimal yang bisa digunakan adalah 15567 MB, Sehingga jumlah pencatatan yang dapat dilakukan dengan menggunakan *SD Card* yang berkapasitas 16GB adalah sebagai berikut :

$$\text{Lama Waktu} = \frac{\text{Kapasitas SD Card}}{\text{Ukuran File per hari}} \quad (4.7)$$

Dengan persamaan 4.7 maka penggunaan memory dapat digunakan selama 3562.24 hari atau kurang lebih selama 10 tahun.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rancang bangun dan analisa data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

- Perancangan monitoring CH₄ menggunakan persamaan regresi ppm = $1021x^{-2.7887}$, kadar gas CH₄ mengalami peningkatan ppm sebesar 27.15%. Perancangan monitoring CO₂ menggunakan persamaan regresi ppm = $-17.644\ln(x) + 264.76$, kadar gas CO₂ mengalami penurunan sebesar 7.16%. Perancangan monitoring H₂S menggunakan persamaan regresi ppm = $39.996x^{-3.303}$, kadar gas CH₄ mengalami penurunan ppm sebesar 94.04%.
- Nilai karakteristik statis sensor CH₄ pada *range* pengukuran 0-10000 memiliki nilai akurasi sebesar 0.29%, sensitifitas sebesar 0.258 mV/ppm, *non*-linieritas sebesar 0.02% dan nilai ketidakpastian sebesar 2.95. Sedangkan nilai karakteristik statis sensor CO₂ pada *range* pengukuran 0-10000 memiliki nilai akurasi sebesar 0.42%, sensitifitas sebesar 0.0096 mV/ppm, *non*-linieritas sebesar 0.3% dan nilai ketidakpastian sebesar 9.59. Dan nilai karakteristik statis sensor H₂S pada *range* pengukuran 0-100 memiliki nilai akurasi sebesar 1.32%, sensitifitas sebesar 0.2 V/ppm, *non*-linieritas sebesar 0.18% dan nilai ketidakpastian sebesar 2.77.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya agar hasil yang dicapai dapat memenuhi harapan, antara lain:

- Sebaiknya *preheating* pada sensor dilakukan selama lebih dari 24 jam untuk menghasilkan nilai keakurasian yang lebih bagus.
- Pastikan sudah mendapatkan kalibrator sebelum melakukan pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdurrahman, A., Soehartanto, T., (2014), **Analisis Karakterisasi Water Scrubber pada Alat Purifikasi Biogas Tipe Kombinasi Spray Tower dan Tray Tower**. Seminar Nasional Teknologi Terapan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [2] Dirjen EBTKE, (2015), **Laporan Perkembangan Energi Terbarukan Indonesia**. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [3] Gosh, D. P. (2007). **Wet H₂S Cracking Problem in Oil Refinery Processes - Material selection and operation control issues**, *The 2007 Tri-Service Corrosion Conference*, December 3-7, 2007, Denver, Colorado, USA
- [4] Horikawa, M.S.; Rossi, M.L.; Gimenes, M.L.; Costa, C.M.M. & da Silva, M.G.C. (2004). **Chemical Absorption of H₂S for biogas purification**, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, Vol. 21, No. 3, July-September 2004, pp. 415-422
- [5] Ratna IP, M. Sarosa, Heli T, Sri R, **Pendeteksi Gas Metana pada Sistem Biogas Berbasis Mikrokontroler**, Jurnal ELTEK, Vol 12 No 01, April 2014 ISSN 1693-4024
- [6] Faiz, Suyanto, **Uji Kinerja Taguchi Gas Sensor (TGS) untuk Monitoring Gas Methane pada Portable Biodegester**, *Nucleotide Composition and Amino Acid Usage in AT-Rich Hyperthermophilic Species*, The Open Bioinformatics Journal, Vol. 2, 2008, pp. 11-19.
- [7] Andrian, Cristian, **Rancang Bangun Monitor Suhu Gas Metana dan Karbon Dioksida pada Biogas**, JCONES, Vol. 3, No. 1 (2014) 11-17
- [8] <http://www.karangmulya.com/mengenal-biogas-dan-contoh-pemanfaatannya/> diakses pada tanggal 29 Agustus 2014
- [9] Dwinanda, Vincensius.2012.**Design Of Wet Scrubber As H₂s Content Reductor Unit In Biogas Production At Pt Enero Mojokerto**.Jurusan Teknik Fisika.Institut Teknologi Sepuluh Nopember

- [10] www.hwsensor.com/datasheet-MQ-4/
- [11] www.hwsensor.com/datasheet-MQ-136/
- [12] www.hwsensor.com/datasheetMG-811/
- [13] Applied Analytics, (2013), **Measuring Hydrogen Sulfide in Biogas & Landfill Gas**, Applied Analytic Application Note No. AN-018.
- [14] Atmel. (2011). **Atmega128**. San Jose, USA.
- [15] Innovativeelectronics. (2012). **Manual DT-Sense Gas Sensor**. Surabaya, Indonesia.
- [16] <https://proyekarduino.wordpress.com/2015/04/01/pengetahuan-dasar-rtc-ds1307/> diakses pada tanggal 01 April 2015
- [17] <https://www.sparkfun.com/products/13712> **SparkFun OpenLog**, diakses pada tahun 2003
- [18] Bentley, John P. 2005. **Principles of Measurement Systems**. Prentice Hall, London
- [19] Alladany, Ziyaurrohman., Arrofiq, Muhammad., (2014), **Purwapura Pemantau Gas Hidrogen Sulfida dalam Ruangna Industri Kimia**, Simposium Nasional RAPI XIII - FT UMS

LMPIRAN A

DATA KALIBRASI SENSOR

1. Data Kalibrasi CH4 (MQ-4)

- Data Ketidakpastian Alat

[illegible]

- Data Karakteristik Alat

No.	Pemb. Std	Pemb. Alat	(Std-Alat) /Std	O Ideal	Non-Linearitas
1	0.9	0.88	0.022222222	0.88	0
2	1.2	0.95	0.208333333	1.1801	-0.230100004
3	1.5	1.37	0.086666667	1.4802	-0.11020
4	6	6.81	-0.135	5.9817	0.82830
5	6	7.09	-0.181666667	5.9817	1.10830
6	21.3	20.42	0.041314554	21.2868	-0.86680
7	25.2	25.93	-0.028968254	25.1881	0.74190
8	24	23.58	0.0175	23.9877	-0.40770
9	367.3	366.24	0.002885924	367.4021	-1.16214
10	1000	997.6	0.0024	1000.313	-2.71305
11	1012.5	1010.24	0.002232099	1012.817	-2.57721
12	5017	5015.21	0.000356787	5018.652	-3.44210
13	5010.7	5012.35	-0.000329295	5012.35	0.000000
Jumlah		12488.67	0.03794737		1.108299932
Rata-rata		960.6669231			
kemiringan garis (k)		1.000333347	a=	-0.0203	

2. Data Kalibrasi CO2 (MG-811)

- Data Ketidakpastian Alat

[illegible]

- Data Karakteristik Alat

No.	Pemb. Std	Pemb. Akat	(Std-Alat) /Std	O Ideal	Non-Linearitas
1	312	310.36	0.00525641	310.36	0
2	400	400.58	-0.00145	398.3441	2.235930736
3	423	424.14	-0.002695035	421.3399	2.800094451
4	512	516.29	-0.008378906	510.3238	5.966206218
5	527	522.06	0.009373814	525.3211	-3.261078316
6	978	972.31	0.005817996	976.2394	-3.929433294
7	1000	1001.6	-0.0016	998.2355	3.36454939
8	1674	1679.9	-0.003524492	1672.113	7.786564345
9	2029	2024.1	0.002414983	2027.049	-2.949169618
10	2853	2850.9	0.000736067	2850.9	0
Jumlah		10702.24	0.005950836		7.786564345
Rata-rata		1070.224			
a=	-1.5835183	kemiringan garis (k) =		0.999819	

3. Data Kalibrasi H₂S (MQ-136)

- Data Ketidakpastian Alat

[illegible]

- Data Karakteristik Alat

No.	Pemb. Std	Pemb. Alat	(Std-Alat) /Std	O Ideal	Non- Linearitas per Input
1	34	33.78	0.006470588	33.78	0
2	33	32.85	0.004545455	32.79	0.06
3	33	32.65	0.010606061	32.79	-0.14000
4	31	30.54	0.01483871	30.81	-0.27000
5	30	29.78	0.007333333	29.82	-0.04000
6	27	26.34	0.024444444	26.85	-0.51000
7	26	25.45	0.021153846	25.86	-0.41000
8	24	23.65	0.014583333	23.88	-0.23000
9	23	22.79	0.009130435	22.89	-0.10000
10	22	21.69	0.014090909	21.9	-0.21000
11	21	20.58	0.02	20.91	-0.33000
12	18	17.82	0.01	17.94	-0.12000
13	17	16.74	0.015294118	16.95	-0.21000
14	15	14.68	0.021333333	14.97	-0.29000
15	12	11.79	0.0175	12	-0.21000
16	10	9.86	0.014	10.02	-0.16000
17	9	8.74	0.028888889	9.03	-0.29000
18	6	5.75	0.041666667	6.06	-0.31000
19	5	4.89	0.022	5.07	-0.18000
20	3	2.87	0.043333333	3.09	-0.22000
21	2	1.92	0.04	2.1	-0.18000
22	1	1.11	-0.11	1.11	0.00000
Jumlah		396.27	0.291213454		0.06000
Rata-rata		18.01227273			
kemiringan garis (k)		0.99	a=	0.12	

LAMPIRAN B

LISTING PROGRAM PADA CAVR

/******

*

This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project : TA_TEAM BIOGAS
Version :
Date : 08/06/2017
Author :
Company : ITS
Comments:

Chip type : ATmega128
Program type : Application
AVR Core Clock frequency: 7,372800 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 1024

/

```
#include <mega128.h>
#include <delay.h>
#include <ds1307_twi.h> //HEADER REAL TIME CLOCK
#include <math.h>
```

```
// Standard Input/Output functions
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
```

```
#define xmin 25
#define ymin 23
#define a 35    //pembacaan pressure sensor MPX5500DP (max)
#define b 255   //8 bits (max)
#define e 8925  //a*b

// I2C Bus functions
#include <i2c.h> //HEADER MENGAKTIFKAN PORT
UNTUK ALAMAT I2C

#asm
    .equ __lcd_port=0x15 ;PORTC
#endasm
#include <lcd.h>

#ifndef RXB8
#define RXB8 1
#endif

#ifndef TXB8
#define TXB8 0
#endif

#ifndef UPE
#define UPE 2
#endif

#ifndef DOR
#define DOR 3
#endif

#ifndef FE
#define FE 4
#endif
```

```
#ifndef UDRE
#define UDRE 5
#endif
```

```
#ifndef RXC
#define RXC 7
#endif
```

```
#define FRAMING_ERROR (1<<FE)
#define PARITY_ERROR (1<<UPE)
#define DATA_OVERRUN (1<<DOR)
#define DATA_REGISTER_EMPTY (1<<UDRE)
#define RX_COMPLETE (1<<RXC)
```

```
// Write a character to the USART1 Transmitter
#pragma used+
void putchar1(char c)
{
    while ((UCSR1A & DATA_REGISTER_EMPTY)==0);
    UDR1=c;
}
#pragma used-
```

```
#define ADC_VREF_TYPE 0x20
```

```
// Read the 8 most significant bits
// of the AD conversion result
unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
```

```
ADCSRA|=0x10;
return ADCH;
}
```

```
// TWI functions
#include <twi.h>
// Declare your global variables here
```

```
/******
*****
```

Declare variables sistem MONITORING GAS PADA
PURIFIKASI

```
====ENDLY DEVIRA Y -2414031030-====
*****
*****/
```

```
//----- Gas Metana Input -----
```

```
float Xc, vinc, RL1c, RS1c, RO1c, Rasio1c;
char ppm1c[33];
float a3=1021;
float b3=-2.7887;
float c3=0.8964;
float zc,ppmc;
```

```
//----- Gas Metana Output -----
```

```
float Xd, vind, RL1d, RS1d, RO1d, Rasio1d;
char ppm1d[33];
float a4=1021;
float b4=-2.7887;
float c4=0.8964;
float zd,ppmd;
```

```
//----- Gas CO2 Input -----
```

```
float temp14f,temp24f,refyf,ppmf, vinf, sensorf;
unsigned char tampil3 [5] ;
```

```
//----- Gas CO2 Output -----
```

```
float temp14g,temp24g,refyg,ppmg, ving, sensorg;
unsigned char tampil4 [5] ;
```

```
//----- Gas H2S Input -----
```

```

float Xa, vina, RL1a, RSa, ROa, Rasioa,ppma,z1a;
char ppm1a[33];
float a1=39.996;
float b1=-3.303 ;
float c1=0.6975 ;
//----- Gas H2S Output -----
float Xb, vinb, RL1b, RSb, ROb, Rasiob, ppmb,z1b;
char ppm1b[33];
float a2=39.996;
float b2=-3.303 ;
float c2=0.6975 ;
//----- Real Time Clock -----
unsigned char buf0 [17];
unsigned char buf1 [17];
unsigned char s,m,h;
unsigned char dd,mm,yy;
//*****
*****
//*****
*****

/*****
*****

Declare variables sistem MONITORING GAS PADA
PURIFIKASI
====RADIAN INDRA MUKROMIN -2414031034- =====
*****
*****/

//-----Sensor FLow-----
float freq;      // to store value of frequency value
unsigned int i=0,countx; //i=number of overflows in one second
unsigned dur;    // dur to store the value of TCNT1 register
char buf2[8]; // to store the frequency value as a string to be
displayed on lcd
//*****
*****

```

```
//*****  
*****
```

```
/*****  
*****
```

Declare variables sistem MONITORING GAS PADA
PURIFIKASI

====LAYLY DIAN E -2414031005-====

```
*****
```

```
*****/
```

```
//-----Sensor Tekanan-----
```

```
//int sensor1, sensor2;
```

```
float x,y;
```

```
float c1,c2,d1,d2,f1,f2,h1,h2;
```

```
float l=0;
```

```
float j=0;
```

```
float k=0;
```

```
float tangki1, tangki2;
```

```
char buf3[33];
```

```
char buf4[33];
```

```
//*****
```

```
*****
```

```
//*****
```

```
*****
```

```
/*****
```

```
*****
```

Declare variables sistem MONITORING GAS PADA
PURIFIKASI

====EKA WAHYU P -24140310XX-====

```
*****
```

```
*****/
```

```
//-----Sensor gas H2s Kontrol-----
```

```
float Xe, vine, RL1e, RSe, ROe, Rasioe,ppme,z1e;
```

```
char ppm1e[33];
```

```
float a5=39.996;
```

```
float b5=-3.303 ;
float c5=0.6975 ;
//*****
*****
//*****
*****
```

```
void tampil_LCD(void);
void devi (void);
void indra (void);
void layli (void);
void wahyu (void);
void date(void);
void berotasi(unsigned char b3, unsigned char b2,unsigned char
b1, unsigned char b0);
void startup(void);
void cond_1(void);
void cond_2(void);
void cond_3(void);
void cond_4(void);
void cond_5(void);
void cond_6(void);
void cond_7(void);
void cond_8(void);
```

```
//*****
*****
```

Syntak_1(PEMBACAAN FLOW) sistem Pengendalian flow inlet
pada kolom purifikasi

```
====RADIAN INDRA MUKROMIN -2414031034-====
*****
*****/
```

```
// External Interrupt 7 service routine
interrupt [EXT_INT7] void ext_int7_isr(void)
{
countx++;
```

```

}

// Timer 0 overflow interrupt service routine
//interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
//{{
//// Reinitialize Timer 0 value
//TCNT0=0xB8;
//// Place your code here
//  i++;
//  if(i>=100)
//  {
//      freq=(((float)countx*60)/4.8)*0.00226; //formula
//      perhitungan flow L/m
//      countx = 0;
//      i = 0;
//  }
//}}
//*****
//*****
//*****
//*****

```

//Timer1 overflow interrupt service routine

```

interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
    //Place your code here
    i++; //    count the number of overflows in one second
}

```

```

void main(void)
{
    // Declare your local variables here

```

```

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization

```



```
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out  
Func2=Out Func1=Out Func0=Out  
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0  
State1=0 State0=0  
PORTA=0x00;  
DDRA=0xFF;
```

```
// Port B initialization  
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=In  
Func2=Out Func1=In Func0=In  
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=T State2=0  
State1=T State0=T  
PORTB=0x00;  
DDRB=0xFF;
```

```
// Port C initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In  
Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T  
State1=T State0=T  
PORTC=0x00;  
DDRC=0x00;
```

```
// Port D initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In  
Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T  
State1=T State0=T  
PORTD=0x00;  
DDRD=0x00;
```

```
// Port E initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In  
Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T  
State1=T State0=T
```

```
PORTE=0xFF;
DDRE=0x00;

// Port F initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTF=0x00;
DDRF=0x00;

// Port G initialization
// Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTG=0x00;
DDRG=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 7,200 kHz
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// OC1C output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
```

```
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
// Compare C Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
OCR1CH=0x00;
OCR1CL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;
```

```
// Timer/Counter 3 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer3 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC3A output: Discon.
// OC3B output: Discon.
// OC3C output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
```

```
// Timer3 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
// Compare C Match Interrupt: Off
TCCR3A=0x00;
TCCR3B=0x00;
TCNT3H=0x00;
TCNT3L=0x00;
ICR3H=0x00;
ICR3L=0x00;
OCR3AH=0x00;
OCR3AL=0x00;
OCR3BH=0x00;
OCR3BL=0x00;
OCR3CH=0x00;
OCR3CL=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
// INT3: Off
// INT4: Off
// INT5: Off
// INT6: Off
// INT7: on
EICRA=0x00;
EICRB=0x00;
EIMSK=0x00;
EIFR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x04;

ETIMSK=0x04;
```

```
// USART0 initialization
// USART0 disabled
UCSR0B=0x00;
```

```
// USART0 initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART0 Receiver: On
// USART0 Transmitter: On
// USART0 Mode: Asynchronous
// USART0 Baud Rate: 9600
UCSR0A=0x00;
UCSR0B=0x18;
UCSR0C=0x06;
UBRR0H=0x00;
UBRR0L=0x2F;
```

```
// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;
```

```
// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 921,600 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x83;
```

```
// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;
```

```
// TWI initialization
// Mode: TWI Master
// Bit Rate: 100 kHz
twi_master_init(100);
```

```
// I2C Bus initialization
// I2C Port: PORTE
// I2C SDA bit: 2
// I2C SCL bit: 3
// Bit Rate: 100 kHz
// Note: I2C settings are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|I2C menu.
i2c_init();
```

```
// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD
menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 20
lcd_init(20);
    //send Data ke Data Logger JUDUL-HEADER
    printf("TANGGAL,");
    delay_ms(10);
    printf("JAM,");
    delay_ms(10);
    printf("CH4/I,");
    delay_ms(10);
    printf("CH4/O,");
    delay_ms(10);
```

```

printf("H2S/I,");
delay_ms(10);
printf("H2S/O,");
delay_ms(10);
printf("CO2/I,");
delay_ms(10);
printf("CO2/O,");
delay_ms(10);
printf("FLOW,");
delay_ms(10);
printf("H2S/C,");
delay_ms(10);
printf("TEKANAN 1,");
delay_ms(10);
printf("TEKANAN 2\n");
delay_ms(10);

//
//   rtc_set_time(00,56,00); //set time 12:00:00
//   rtc_set_date(0,18,07,17);
//
// Global enable interrupts
#asm("sei")

while (1)
{
    // Place your code here

    devi ();
    indra ();
    layli ();
    wahyu ();
    tampil_LCD();
    date();

    //send Data ke Data Logger

```

```

printf("%02i:%02i:%02i",dd,mm,yy); //Tanggal
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%02i:%02i:%02i",h,m,s);    //jam
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%i",ppmc); //CH4 Input
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%i",ppmc); //CH4 Output
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%.i",ppma); //H2S Input
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%.i",ppmb); //H2S Output
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%i",ppmf); //CO2 Input
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%i",ppmg); //CO2 Output
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%i",freq); //Flow
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%.i",ppme); //H2S Control
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%.i",tangki1); //tekanan 1
delay_ms(10);
printf(",");
printf("%.i",tangki2); //tekanan 2
printf("\n");
//    delay_ms(1000);

```



```

    }

}

/*****
*****
Syntak sistem MONITORING GAS PADA PURIFIKASI
====ENDLY DEVIRA Y -2414031030- ====
*****
*****/
void devi ()
{
    delay_ms(10);

//    //Metana input
    Xc=read_adc(5);
    vinc= (Xc/255)*5;
    RL1c= 4.7;
    RS1c=((5/vinc)-1)*RL1c;
    RO1c=10 ;
    Rasio1c= RS1c/RO1c;
    zc=pow(Rasio1c,b3);
    ppmc=a3*zc;

    //Metana output
    Xd=read_adc(6);
    vind= (Xd/255)*5;
    RL1d= 4.7;
    RS1d=((5/vind)-1)*RL1d;
    RO1d=10 ;
    Rasio1d= RS1d/RO1d;
    zd=pow(Rasio1d,b4);
    ppmd=a4*zd;

    //Co2 input
    i2c_start(); // Start Condition

```

```

i2c_write(0xE2); // Write to DT-SENSE module
i2c_write(0x41); // "Read Sensor" Command
i2c_stop(); // Stop Condition
delay_us(10); // 10 us delay
i2c_start(); // Start Condition
i2c_write(0xE3); // Read from DT-SENSE module
temp14f = i2c_read(1); // Data Sensor MSB
temp24f = i2c_read(0); // Data Sensor LSB
i2c_stop(); // Stop Condition
sensorf = (temp14f * 256) + temp24f ;
vinf=(sensorf/1023)*5000;
refyf = (vinf-264.76)/-17.644;
ppmf=pow(2.71828, refyf);

```

```

delay_ms(10);

```

```

//Co2 output

```

```

i2c_start(); // Start Condition
i2c_write(0xE4); // Write to DT-SENSE module
i2c_write(0x41); // "Read Sensor" Command
i2c_stop(); // Stop Condition
delay_us(10); // 10 us delay
i2c_start(); // Start Condition
i2c_write(0xE5); // Read from DT-SENSE module
temp14g = i2c_read(1); // Data Sensor MSB
temp24g = i2c_read(0); // Data Sensor LSB
i2c_stop(); // Stop Condition
sensorg = (temp14g * 256) + temp24g ;
ving=(sensorg/1023)*5000;
refyg = (ving-264.76)/-17.644;
ppmg=pow(2.71828, refyg);
delay_ms(10);

```

```

//sensor H2s Input

```

```

Xa=read_adc(2);
vina= (Xa/255)*5;

```

```

    RL1a= 53;
    RSa=(RL1a*(1023-Xa))/Xa;
    ROa=104.611 ;
    Rasioa= RSa/ROa;
    z1a=pow(Rasioa,b1);
    ppma=a1*z1a;

    //sensor H2s Output
    Xb=read_adc(3);
    vinb= (Xb/255)*5;
    RL1b= 53;
    RSb=(RL1b*(1023-Xb))/Xb;
    ROb=104.611 ;
    Rasiob= RSb/ROb;
    z1b=pow(Rasiob,b2);
    ppmb=a2*z1b;
}

/*****
*****

Syntak_2 sistem Pengendalian flow inlet pada kolom
purifikasi
=====RADIAN INDRA MUKROMIN -2414031034- =====
*****
*****/

void indra ()
{
    //Pembacaan sensor Flow
    TIMSK=0x04;
    TCCR1B=0x07;
    // delay_ms(1000);
    TCCR1B=0x00;
    TIMSK=0x00;
    dur=TCNT1;
    freq = (((dur + i*65536)*60)/4.8)*0.00226;
    TCNT1=0x0000;

```

```
i=0;
```

```

/*****
*****/

```

MOV_AKTUATOR STEPPER FULL STEP

```

*****
*****/

```

```
if (freq<=5.5) // Valve membuka
{
    berotasi (0,0,0,1); //step1
    berotasi (0,0,1,0); //step2
    berotasi (0,1,0,0); //step3
    berotasi (1,0,0,0); //step4
}
```

```
else if (freq>=5.5) // Valve Menutup
{
    //Half Step
    tampil_LCD();
    berotasi (1,0,0,0); //step1
    berotasi (0,1,0,0); //step2
    berotasi (0,0,1,0); //step3
    berotasi (0,0,0,1); //step4
}
```

```

else if (freq>=5.2) {berotasi (0,0,0,0);} // valve berhenti
else if (freq<=5.8) {berotasi (0,0,0,0);}
}

```

```
//Fungsi Deklarasi Port Yang digunakan  menggerakkan Stepper
void berotasi(unsigned char b3, unsigned char b2,unsigned char
b1, unsigned char b0)
{
    PORTA.0 = b3;
    PORTA.2 = b2;
    PORTA.4 = b1;
    PORTA.6 = b0;
```

```

delay_ms (5);
//*****
*****
}

```

```

/*****
*****

```

Syntak sistem Pengendalian Pressure pada storage

====LAYLY DIAN E -2414031005-====

```

*****

```

```

*****/

```

```

void layli ()

```

```

{
    startup();
    cond_1();
    cond_2();
    cond_3();
    cond_4();
    cond_5();
    cond_6();
    cond_7();

```

```

    lcd_clear();

```

```

/*****
*****

```

MPX5500DP => Sensor 1 pada tangki 1

```

*****
*****/

```

```

    x=read_adc(0);
    c1=b-xmin;
    d1=a*c1;
    f1=e-d1;

```

```

    tangki1=((a/c1)*x)-(f1/c1); //Pembacaan preesure pada
sensor 1 => Psi
    h1=((float)(x*5)/255);

```

```

/*****
*****
MPX5500DP => Sensor 2 pada tangki 2

```

```

*****
*****/
    y=read_adc(1);
    c2=b-ymin;
    d2=a*c2;
    f2=e-d2;
    tangki2=((a/c2)*y)-(f2/c2); //Pembacaan pressure pada
sensor 2 => Psi
    h2=((float)(y*5)/255);
//*****
*****
}

```

```

/*****
*****

```

Syntak Pengendalian Looping pada gas

====EKA WAHYU P -24140310XX-====

```

*****
*****/

```

```

void wahyu ()

```

```

{
    cond_8(); //FUNCTION UNTUK MEMBRIKAN AKSI
PADA AKTUATOR
    //sensor H2s Kontrol
    Xe=read_adc(4);
    vine= (Xe/1023)*5;
    RL1e= 53;
    RSe=(RL1e*(1023-Xe))/Xe;

```

```

    ROe=104.611 ;
    Rasioe= RSe/ROe;
    z1e=pow(Rasioe,b5);
    ppme=a5*z1e;
}
//*****
*****

```

```

void tampil_LCD()
{
    //-----Out LCD Monitoring Input-----
    -----//
    if (PINE.5==0)
    {
        lcd_clear();
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_puts("MONITORING GAS int(Ppm)");

        lcd_gotoxy(0,1);
        lcd_puts("CH4:");
        sprintf(ppm1c,"% .2f",ppmc);
        lcd_puts(ppm1c);

        lcd_gotoxy(0,2);
        lcd_puts("CO2:");
        sprintf(tampil3,"% .2f",ppmf);
        lcd_puts(tampil3);

        lcd_gotoxy(0,3);
        lcd_puts("H2S:");
        sprintf(ppm1b,"% .2f",ppmb);
        lcd_puts(ppm1b);;
    }
}

```

```

//-----Out LCD Monitoring Output-----
-----//
else if (PINE.6 == 0)
{
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_puts("MONITORING GAS Out(Ppm)");

    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_puts("CH4:");
    sprintf(ppm1d,"%0.2f",ppmd);
    lcd_puts(ppm1d);

    lcd_gotoxy(0,2);
    lcd_puts("CO2:");
    sprintf(tampil4,"%0.2f",ppmg);
    lcd_puts(tampil4);

    lcd_gotoxy(0,3);
    lcd_puts("H2S:");
    sprintf(ppm1a,"%0.2f",ppma);
    lcd_puts(ppm1a);
}

//-----Out LCD Kontrol-----
----//
else if (PINE.4==0)
{
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_puts("Flow1  =");
    lcd_gotoxy(11,0);
    ftoa(freq,2,buf2);
    lcd_puts(buf2);
    lcd_gotoxy(17,0);

```



```

        lcd_putsf("L/m");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_puts("H2S   =");
        sprintf(ppm1e," %.2f",ppme);
        lcd_puts(ppm1e);
        lcd_gotoxy(17,1);
        lcd_puts("Ppm");
    lcd_gotoxy(0,2);
    lcd_puts("Pressure1=");
        sprintf(buf4,"%.2f",tangki1);
        lcd_gotoxy(11,2);
        lcd_puts(buf4);
        lcd_gotoxy(17,2);
        lcd_puts("Psi");
    lcd_gotoxy(0,3);
    lcd_puts("Pressure2=");
        sprintf(buf3,"%.2f",tangki2);
        lcd_gotoxy(11,3);
        lcd_puts(buf3);
        lcd_gotoxy(17,3);
        lcd_puts("Psi");
    }
    //-----Out LCD Real Time Clock-----
    -----//
        else
        {
            lcd_clear();
            lcd_gotoxy(0,0);
            lcd_puts(" PURIFIKASI BIOGAS ");
            lcd_gotoxy(0,1);
            lcd_puts("-----");
            //jam dan menit
            rtc_get_time(&h,&m,&s);
            rtc_get_date(0,&dd,&mm,&yy);
            sprintf(buf0,"Jam : %02d:%02d:%02d",h,m,s);
            lcd_gotoxy(0,2);

```

```

    lcd_puts(buf0);

    //tanggal dan bulan
    rtc_get_date(0,&dd,&mm,&yy);
    sprintf(buf1,"Date: %02d:%02d:%02d",dd,mm,yy); //+2000);
    lcd_gotoxy(0,3);
    lcd_puts(buf1);
}

void date()
{
    rtc_get_time(&h,&m,&s);
    rtc_get_date(0,&dd,&mm,&yy);

}

void startup()
{
    if (tangki1 <= 5 && tangki2 <= 5)
    {
        PORTA.5=1; //SV 1 => inputan tangki 1
        PORTB.7=0; //SV 2 => inputan tangki 2
        PORTA.7=1; //SV 3 => outputan tangki 1
        PORTA.1=0; //SV 4 => outputan tangki 2
    }
}

void cond_1()
{
    if (tangki1 >= 25 && tangki2 <= 5)
    {
        PORTA.5=0;
        PORTB.7=1;
        PORTA.7=1;
        PORTA.1=0;
    }
}

```

```

        i=1;
    }
}
void cond_2()
{
    if ((tangki1 <= 5 && (tangki2 <= 25 || tangki2 >= 25) && l==1))
    {
        PORTA.5=0;
        PORTB.7=1;
        PORTA.7=0;
        PORTA.1=0;
        j=1;
    }
}
void cond_3()
{
    if ((tangki1 <= 5 && tangki2 >=25) && j==1)
    {
        PORTA.5=1;
        PORTB.7=0;
        PORTA.7=0;
        PORTA.1=1;
        l=0;
        k=1;
    }
}
void cond_4()
{
    if ((tangki1 >=5 && tangki2 <=5) && j==1 && l==0)
    {
        PORTA.5=1;
        PORTB.7=0;
        PORTA.7=0;
        PORTA.1=0;
    }
}

```

```

void cond_5()
{
if ((tangki1 >= 25 && tangki2 <=5))
{
PORTA.5=0;
PORTB.7=1;
PORTA.7=1;
PORTA.1=0;
j=0;
i=1;
}
}
void cond_6()
{
if (tangki1 >= 25 && (tangki2 <25 && tangki2 >5) && j==1)
{
PORTA.5=0;
PORTB.7=0;
PORTA.7=0;
PORTA.1=1;
}
}
void cond_7()
{
if ((tangki1 <25 && tangki1 >5) && (tangki2 >= 25) && k==1)
{
PORTA.5=0;
PORTB.7=0;
PORTA.7=1;
PORTA.1=0;
j=1;
}
}

void cond_8() //LOOPING WAHYU
{

```

```
if (ppme>=3)
{
    PORTB.4=1;
    PORTB.2=0;
    PORTB.0=1;
    PORTA.3=0;

}

else if (ppme<=3)
{
    PORTB.4=0;
    PORTB.2=1;
    PORTB.0=0;
}
}
```

LAMPIRAN C

Data Sheet Sensor MQ-4

TECHNICAL DATA

MQ-4 GAS SENSOR

FEATURES

- * High sensitivity to CH_4 , Natural gas.
- * Small sensitivity to alcohol, smoke.
- * Fast response .
- * Stable and long life
- * Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in gas leakage detecting equipments in family and industry, are suitable for detecting of CH_4 , Natural gas, LNG, avoid the noise of alcohol and cooking fumes and cigarette smoke.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V_c	Circuit voltage	$5V \pm 0.1$	AC OR DC
V_H	Heating voltage	$5V \pm 0.1$	AC OR DC
R_L	Load resistance	$20K \Omega$	
R_{H0}	Heater resistance	$33 \Omega \pm 9\%$	Room Temp
P_H	Heating consumption	less than 750mw	

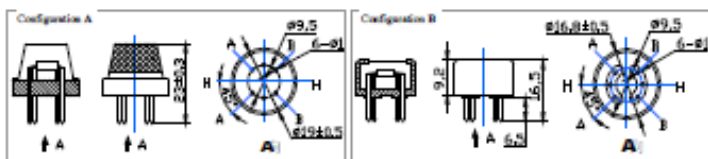
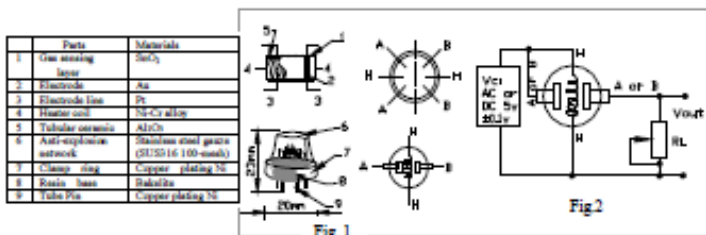
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T_{uo}	Using Temp	$-10^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$	
T_{so}	Storage Temp	$-20^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$	
R_H	Relative humidity	less than 95%RH	
O_2	Oxygen concentration	21%(standard condition) Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark
R_s	Sensing Resistance	10K \square -60K \square (1000ppm CH ₄)	Detecting concentration scope: 200-10000ppm CH ₄ , natural gas
α (1000ppm/ 5000ppm CH ₄)	Concentration slope rate	≤ 0.6	
Standard detecting condition	Temp: 20 \square \pm 2 \square Humidity: 65% \pm 5%	Vc: 5V \pm 0.1 Vh: 5V \pm 0.1	
Prefired time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-4 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al_2O_3 ceramic tube, Tin Dioxide (SnO_2) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-4 have 6 pin, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig. 2

E. Sensitivity characteristic curve

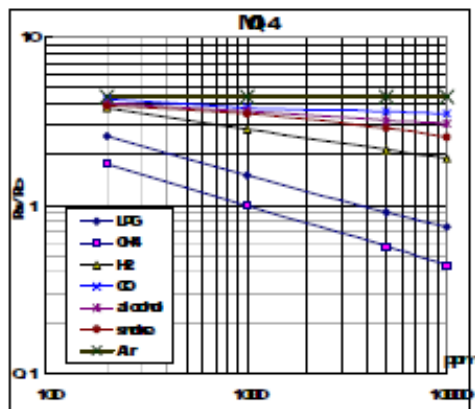


Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-4

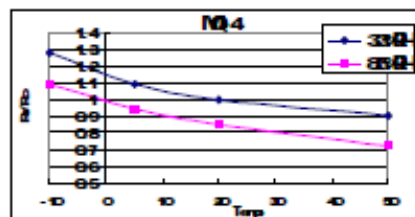


Fig.4 shows the typical dependence of the MQ-4 on temperature and humidity.

R_A : sensor resistance at 1000ppm of CH_4 in air at 33%RH and 20 degree.

R_0 : sensor resistance at 1000ppm of CH_4 in air at different temperatures and humidities.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-4 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 5000ppm of CH_4 concentration in air and use value of Load resistance (R_L) about 20K Ω (10K Ω to 47K Ω).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.

LAMPIRAN D

Data Sheet Sensor MQ-136

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD

MQ-136

<http://www.hwsensor.com>

TECHNICAL DATA

MQ-136 GAS SENSOR

FEATURES

Fast response and High sensitivity
Stable and long life Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of H_2S .

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V_C	Circuit voltage	$5V \pm 0.1$	AC OR DC
V_H	Heating voltage	$5V \pm 0.1$	AC OR DC
R_C	Load resistance	can adjust	
R_H	Heater resistance	$31 \Omega \pm 5\%$	Room Temp
P_H	Heating consumption	less than 900mw	

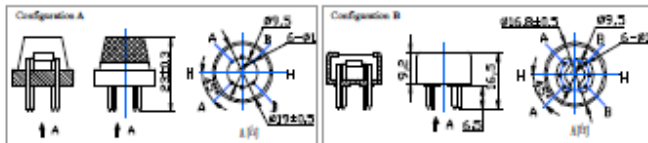
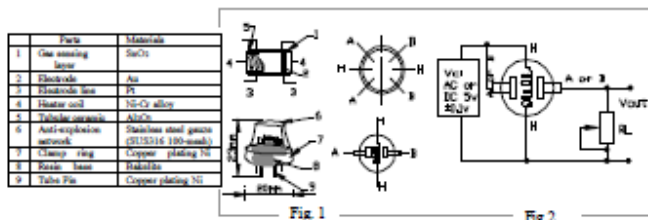
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T_{ao}	Using Temp	$-10^\circ C \sim 45^\circ C$	
T_{st}	Storage Temp	$-20^\circ C \sim 70^\circ C$	
R_{RH}	Relative humidity	less than 95%RH	
O_2	Oxygen concentration	21% standard condition Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark
R_x	Sensing Resistance	50K Ω ~200K Ω (10ppm H ₂ S)	Detecting concentration scope: 1-100ppm H ₂ S
α (20% H ₂ S)	Concentration Slope rate	<0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20℃ \pm 2℃ V _C :5V \pm 0.1 Humidity: 65% \pm 5% V _H : 5V \pm 0.1		
Preheat time	Over 24 hours		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-136 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL_2O_3 ceramic tube, Tin Dioxide (SnO_2) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work

TEL: 86-371-5333098 5333090

FAX: 86-371-5333090

Email: sensor@371.net

sensitive components. The enveloped MQ-136 have 6 pin, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

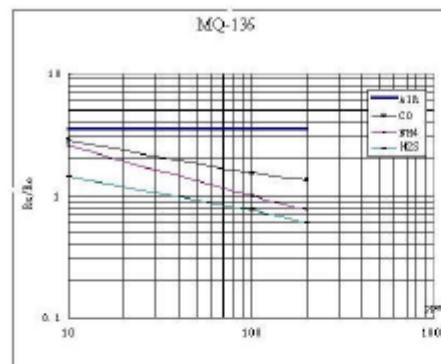


Fig.3 sensitivity characteristics of the MQ-136

Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-136 for several gases.

in their: Temp: 20°C.

Humidity: 65%.

O₂ concentration 21%

RL=20kΩ

R_s: sensor resistance at 10ppm of

H₂S in the clean air.

R₀: sensor resistance at various concentrations of gases.

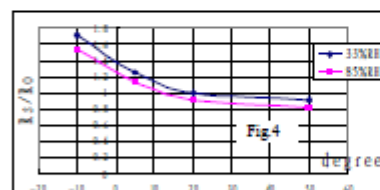


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-136 on temperature and humidity.

R_s: sensor resistance at 10ppm of H₂S at

33%RH and 20 degree.

R₀: sensor resistance at 10ppm of H₂S

at different temperatures and humidity.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-136 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 10ppm H₂S concentration in air and use value of Load resistance that (R_L) about 20 KΩ (10KΩ to 47 KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.



Lampiran E

Data Sheet Sensor MG-811

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD

MG-811

<http://www.hw-sensor.com>

MG811 CO2 Sensor

Features

- Good sensitivity and selectivity to CO₂
- Low humidity and temperature dependency
- Long stability and reproducibility

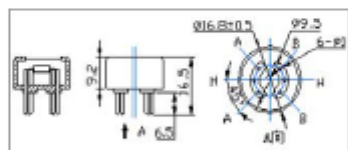
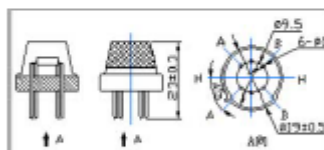
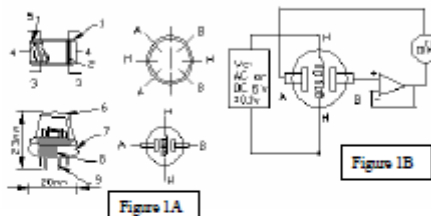
Application

- Air Quality Control
- Ferment Process Control
- Room Temperature CO₂ concentration Detection



Structure and Testing Circuit

Sensor Structure and Testing Circuit as Figure, It composed by solid electrolyte layer (1), Gold electrodes (2), Platinum Lead (3), Heater (4), Porcelain Tube (5), 100m double-layer stainless net (6), Nickel and copper plated ring (7), Bakelite (8), Nickel and copper plated pin (9).



Working Principle

Sensor adopt solid electrolyte cell Principle. It is composed by the following solid cells :

Air, Au[NASiCON] carbonate/Au, air, CO₂

When the sensor exposed to CO₂, the following electrodes reaction occurs :

Cathodic reaction : $2\text{Li} + + \text{CO}_2 + 1/2\text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Li}_2\text{CO}_3$

Anodic reaction : $2\text{Na} + + 1/2\text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Na}_2\text{O}$

Overall chemical reaction : $\text{Li}_2\text{CO}_3 + 2\text{Na} + \rightarrow \text{Na}_2\text{O} + 2\text{Li} + + \text{CO}_2$

The Electromotive force (EMF) result from the above electrode reaction, accord with according to Nernst's equation :

$$\text{EMF} = E_0 - (R \times T) / (2F) \ln (P(\text{CO}_2))$$

$P(\text{CO}_2)$ —CO₂—partial Pressure E_0 —Constant Volume R —Gas Constant volume

T —Absolute Temperature (K) F —Faraday constant

From Figure 1B, Sensor Heating voltage supplied from other circuit, When its surface temperature is high enough, the sensor equals to a cell, its two sides would output voltage signal, and its result accord with Nernst's equation. In sensor testing, the impedance of amplifier should be within 100—1000GΩ, its testing

current should be control below 1pA.

Specifications :

Symbol	Parameter Name	Technical	Remarks
V_H	Heating Voltage	5.0±0.1 V	AC or DC
R_H	Heating Resistor	30.0±5%Ω	Room Temperature
I_H	Heating Current	@200mA	
P_H	Heating Power	@1200mW	
T_{ao}	Operating Temperature	-20...+50°C	
T_{as}	Storage Temperature	-20...+70°C	
U_{EMF}	Output	30—50mV	350—1000ppm CO ₂

Sensitivity :

Figure 2 Shows gas sensor sensitivity curve. :

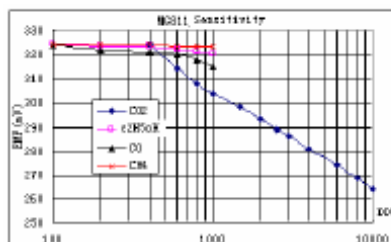
Conditions:

Tem : 28℃.

RH : 65%.

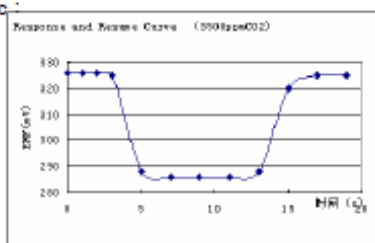
Oxygen : 21%

EMF: sensor EMF under different gas and concentration.

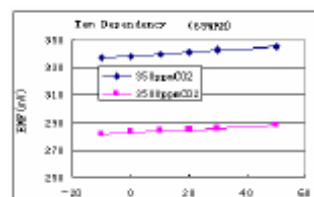


Response and Resume Characteristic :

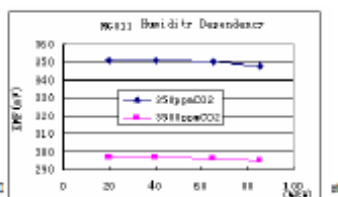
Figure 3 shows Solid electrolyte sensor response and resume characteristics.



Temperature and Humidity Dependency :



67160090



81

Lampiran F

DT-Sense MG-811

1. PENDAHULUAN

DT-SENSE GAS SENSOR merupakan sebuah modul sensor cerdas yang mampu memonitor perubahan konsentrasi gas LPG, iso-butana, propana, karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), Alkohol, atau kualitas udara (tergantung dari sensor yang digunakan). Modul ini kompatibel dengan sensor gas MQ-3 (alkohol), MQ-4 (metana), MQ-6 (LPG, iso-butana, dan propana), MQ-7 (CO), MQ-135 (kualitas udara), dan MG-811 (CO₂). Selain itu, modul sensor cerdas ini dapat berfungsi sebagai kendali konsentrasi gas mandiri secara ON/OFF mengikuti setpoint yang kita tentukan. Modul sensor ini dilengkapi dengan antarmuka UART TTL dan I²C.

1.1. SPESIFIKASI

Spesifikasi DT-SENSE GAS SENSOR sebagai berikut:

- Sumber catu daya menggunakan tegangan 5 Volt.
- Kompatibel dengan sensor gas MQ-3, MQ-4, MQ-6, MQ-7, MQ-135, dan MG-811
- Menggunakan ADC dengan resolusi 10 bit.
- Tersedia 1 jalur output kendali ON/OFF.
- Pin Input/Output kompatibel dengan level tegangan TTL dan CMOS.
- Dilengkapi dengan antarmuka UART TTL dan I²C.
- Jika menggunakan I²C, DT-SENSE GAS SENSOR dapat di-cascade hingga 8 modul.

1.2. SISTEM YANG DIANJURKAN

Sistem yang dianjurkan untuk penggunaan DT-SENSE GAS SENSOR adalah:

Parangkat keras:

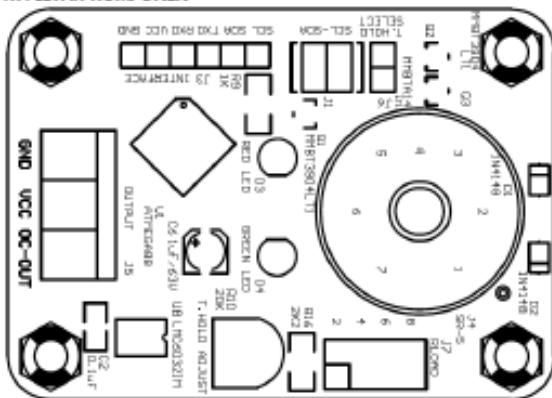
- PC™ AT™ Pentium® IBM™ Compatible.
- DT-51 Minimum System, DT-51 Low Cost Series, atau DT-AVR Low Cost Series.
- DVD-ROM Drive dan Hard disk.

Parangkat lunak:

- Sistem operasi Windows® XP.
- BASCOM-8051®, BASCOM-AVR®, atau CodeVisionAVR®.
- File-file yang ada pada pada CD/DVD program:
DATASHEET, CONTOH_I2C.C, CONTOH_I2C.HEX, CONTOH_UART.C,
CONTOH_UART.HEX, dan MANUAL DT-SENSE GAS SENSOR.

2. PERANGKAT KERAS

2.1. TATA LETAK KOMPONEN



2.2. KONEKTOR DAN PENGATURAN JUMPER

Konektor INTERFACE (J3) berfungsi sebagai konektor untuk catu daya modul, antarmuka UART TTL, dan antarmuka I²C

Pin	Nama	Fungsi
1	GND	Titik referensi untuk catu daya input
2	VCC	Terthubung ke catu daya (5 Volt)
3	RX TTL	Input serial level TTL ke modul DT-SENSE
4	TX TTL	Output serial level TTL dari modul DT-SENSE
5	SDA	I ² C-bus data input / output
6	SCL	I ² C-bus clock input

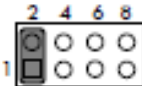
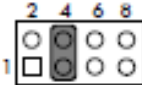
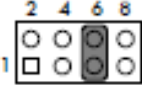
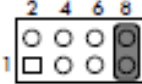
Jumper SCL SDA (J1) berfungsi untuk mengaktifkan resistor pull-up untuk pin SDA dan SCL pada antarmuka I²C

Jumper SCL SDA (J1)	Fungsi
	Pull-up tidak aktif (jumper terlepas)
	Pull-up aktif (jumper terpasang)

Penting !

Apabila lebih dari satu modul dihubungkan pada I²C-bus maka jumper J1 (SCL/SDA) salah satu modul saja yang perlu dipasang.

Jumper **RLOAD (J7)** berfungsi untuk memilih resistor beban yang akan digunakan pada rangkaian pengkondisi sinyal modul DT-Sensa. Oleh karena modul ini dapat digunakan untuk lebih dari 1 macam sensor dan karakteristik tiap sensor berbeda-beda.

Jumper RLOAD (J7)	Nilai Resistor Beban dan Rekomendasi Sensor
	Nilai Resistor 2K2 Ohm Sensor MQ-4 dan MQ-135
	Nilai Resistor 3K3 Ohm Sensor MQ-3 dan MQ-7
	Nilai Resistor 5K1 Ohm Sensor MQ-6
	Nilai Resistor 100K Ohm Sensor MG-811

Soket **SR-5 (J4)** sebagai konektor untuk sensor gas yang digunakan.

Pin	Nama	Koneksi
1	A	Terhubung dengan tegangan catu daya 5 Volt
2	H	Terhubung dengan tegangan catu daya 5 Volt
3	A	Terhubung dengan tegangan catu daya 5 Volt
4	B	Terhubung dengan rangkaian pengkondisi sinyal
5	H	Terhubung dengan rangkaian pengendali heater
6	B	Terhubung dengan rangkaian pengkondisi sinyal

Konektor **OUTPUT (J5)** sebagai konektor untuk output open collector.

Pin	Nama	Fungsi
1	GND	Terhubung dengan titik referensi catu daya
2	VCC	Terhubung dengan tegangan catu daya 5 Volt
3	OC-OUT	Pin output kendali ON/OFF bersifat Open Collector

4.3. COMMAND SET

Berikut ini daftar lengkap perintah-perintah dalam antarmuka UART dan I²C.

4.3.1. READ SENSOR

Fungsi	Baca nilai sensor
Perintah	0x41
Parameter	-
Respon	<dataSensor> 0 – 1023 → data hasil konversi ADC
Delay antara Command dan Respon	10 μ s
Keterangan	-

Contoh dengan antarmuka UART untuk memperoleh nilai hasil pembacaan sensor:

User : 0x41
DT-SENSE : <dataSensor>

Berikut ini contoh pseudo code C untuk menggunakan perintah ini dengan antarmuka I²C (misalkan alamat I²C = 0xE0):

```
i2c_start();           // Start Condition
i2c_write(0xE0);       // Tulis ke modul DT-SENSE
i2c_write(0x41);       // Perintah "Read Sensor"
i2c_stop();            // Stop Condition
delay_us(10);          // delay 10 us

i2c_start();           // Start Condition
i2c_write(0xE1);       // Baca ke modul DT-SENSE
temp1 = i2c_read(1);   // Data Sensor MSB
temp2 = i2c_read(0);   // Data Sensor LSB
i2c_stop();            // Stop Condition
```

Sensor = (temp1 x 256) + temp2

4.3.2. READ VR

Fungsi	Baca nilai resistor variabel
Perintah	0x42
Parameter	-
Respon	<dataVR> 0 – 1023 → data hasil konversi ADC
Delay antara Command dan Respon	10 μ s
Keterangan	-

Contoh dengan antarmuka UART untuk memperoleh nilai hasil pengaturan resistor variabel:

User : 0x42
DT-SENSE : <dataVR>

Berikut ini contoh pseudo code C untuk menggunakan perintah ini dengan antarmuka I²C (misalkan alamat I²C = 0xE0):

```
i2c_start();           // Start Condition
i2c_write(0xE0);       // Tulis ke modul DT-SENSE
```

```

i2c_write(0x42); // Perintah "Read VR"
i2c_stop();      // Stop Condition

delay_us(10);    // delay 10 us

i2c_start();     // Start Condition
i2c_write(0xE1); // Baca ke modul DT-SENSE
temp1 = i2c_read(1); // Data VR MSB
temp2 = i2c_read(0); // Data VR LSB
i2c_stop();      // Stop Condition

```

NilaiVR = (temp1 x 256) + temp2

4.3.3. READ UPPER THRESHOLD

Fungsi	Baca nilai batas atas
Perintah	0x43
Parameter	-
Respon	<Threshold_A> 0 – 1023 → pengaturan batas atas
Delay antara Command dan Respon	10 μ s
Keterangan	-

Contoh dengan antarmuka UART untuk membaca data batas atas yang telah tersimpan di EEPROM:

```

User       : 0x43
DT-SENSE  : <Threshold_A>

```

Berikut ini contoh pseudo code C untuk menggunakan perintah ini dengan antarmuka I²C (misalkan alamat I²C = 0xE0):

```

i2c_start(); // Start Condition
i2c_write(0xE0); // Tulis ke modul DT-SENSE
i2c_write(0x43); // Perintah "Read Upper Threshold"
i2c_stop();      // Stop Condition

delay_us(10);    // delay 10 us

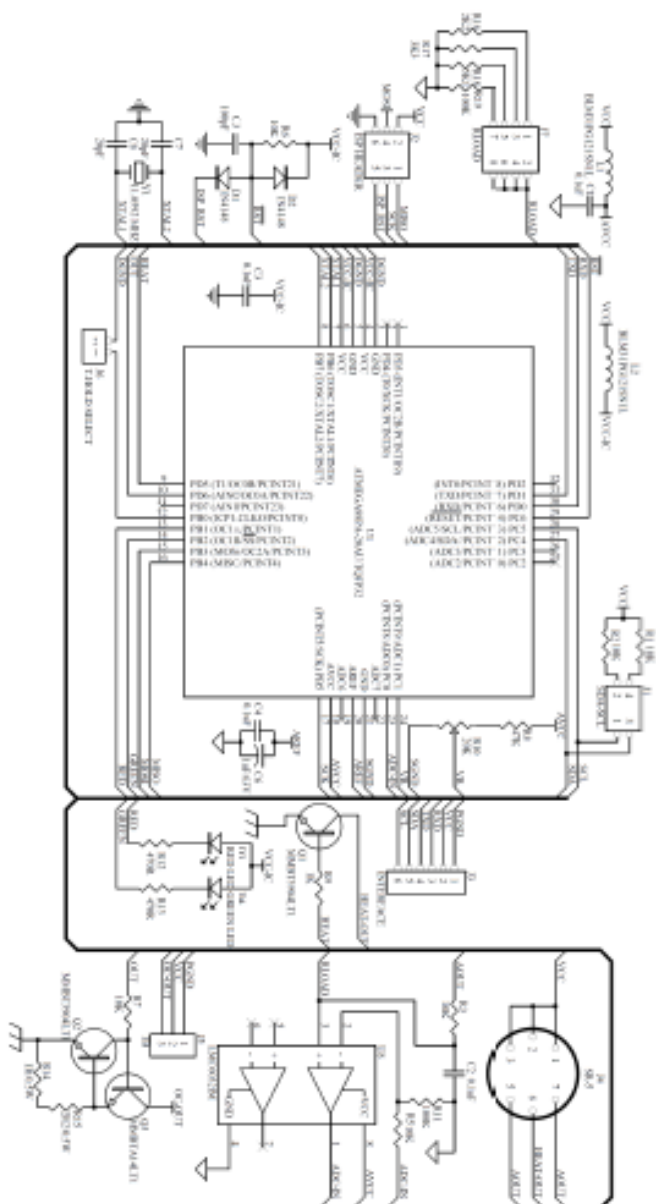
i2c_start();     // Start Condition
i2c_write(0xE1); // Baca ke modul DT-SENSE
temp1 = i2c_read(1); // Data Batas Atas MSB
temp2 = i2c_read(0); // Data Batas Atas LSB
i2c_stop();      // Stop Condition

```

BatasAtas = (temp1 x 256) + temp2

4.3.4. SET UPPER THRESHOLD

Fungsi	Ahur nilai batas atas
Perintah	0x44
Parameter	<Threshold_A> 0 – 1023 → pengaturan batas atas
Respon	-
Delay antara Command dan Respon	-
Keterangan	<ul style="list-style-type: none"> Agar nilai batas atas dianggap valid dan tersimpan ke EEPROM, maka nilai batas atas harus lebih besar dari nilai batas bawah.



LAMPIRAN G

(DATA SHEET SYSTEM ATMEGA128)

Features

- High-performance, Low-power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 133 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers + Peripheral Control Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16MIPS Throughput at 16MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 128Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 4Kbytes EEPROM
 - 4Kbytes Internal SRAM
 - Write/Erase cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Up to 64Kbytes Optional External Memory Space
 - Programming Lock for Software Security
 - SPI Interface for In-System Programming
- QTouch® library support
 - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
 - QTouch and QMatrix acquisition
 - Up to 64 sense channels
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - Two Expanded 16-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, Compare Mode and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Two 8-bit PWM Channels
 - 6 PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits
 - Output Compare Modulator
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Dual Programmable Serial USARTs
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
 - Software Selectable Clock Frequency
 - ATmega103 Compatibility Mode Selected by a Fuse
 - Global Pull-up Disable
- I/O and Packages
 - 53 Programmable I/O Lines
 - 64-lead TQFP and 64-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V ATmega128L
 - 4.5 - 5.5V ATmega128
- Speed Grades
 - 0 - 8MHz ATmega128L
 - 0 - 16MHz ATmega128



**8-bit Atmel
Microcontroller
with 128KBytes
In-System
Programmable
Flash**

**ATmega128
ATmega128L**

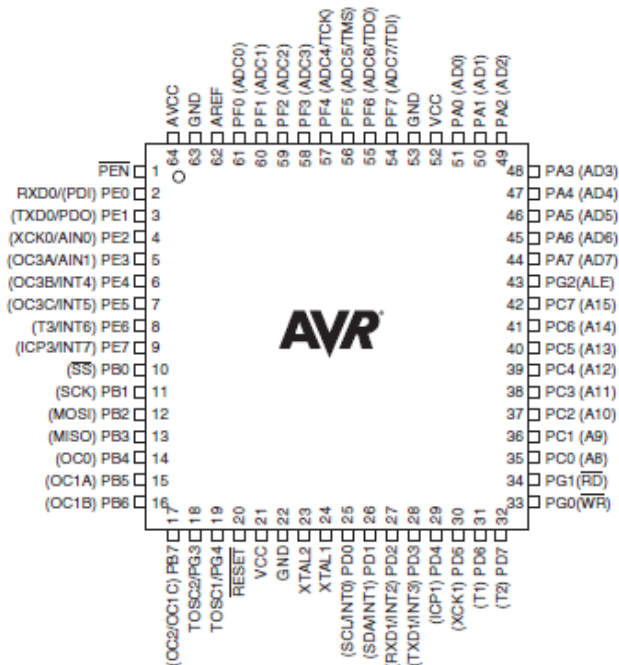
Summary

Rev. 2407X5-AV11-06/11



Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega128



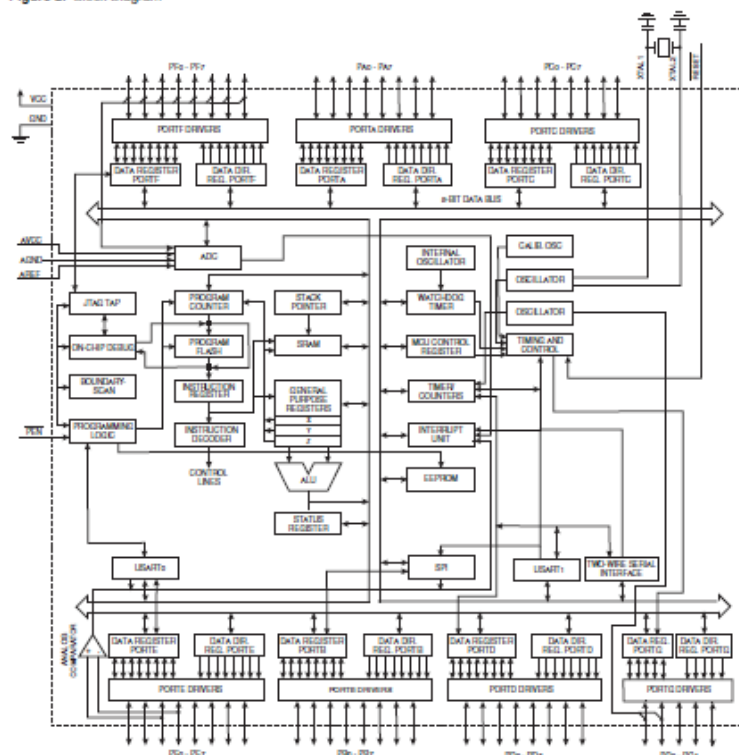
Note: The Pinout figure applies to both TQFP and MLF packages. The bottom pad under the QFN/MLF package should be soldered to ground.

Overview

The Atmel® AVR® ATmega128 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega128 achieves throughputs approaching 1MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram

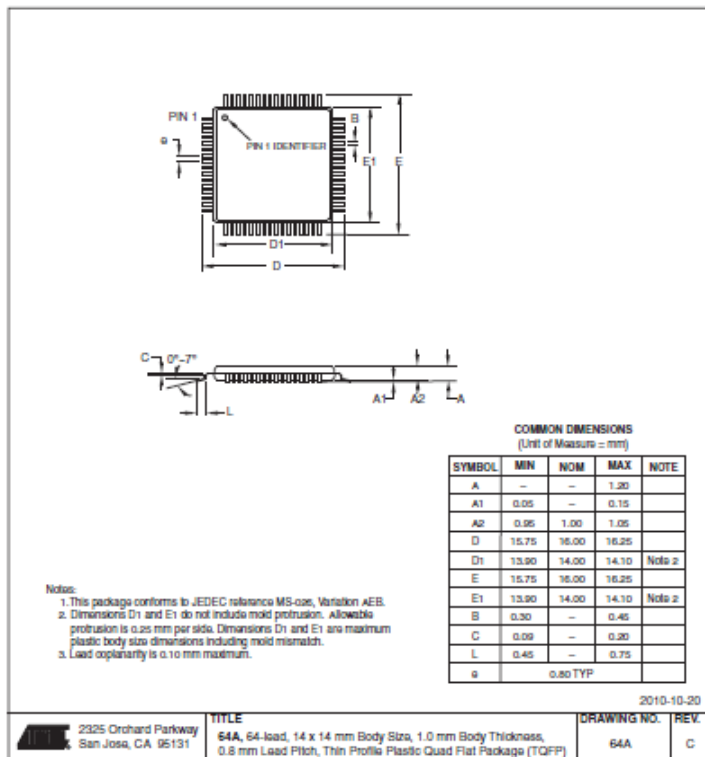


Instruction Set Summary

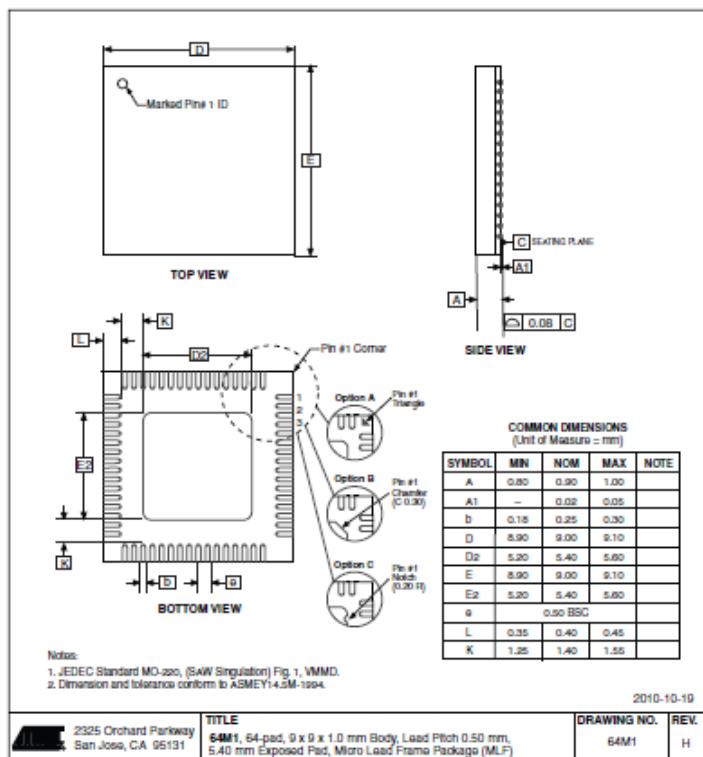
Mnemonic	Operands	Description	Operation	Flags	#Cycles
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
ADD	Rd, Rr	Add Two Registers	$Rd = Rd + Rr$	Z, C, NVH	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry Two Registers	$Rd = Rd + Rr + C$	Z, C, NVH	1
ADW	Rd, K	Add Immediate to Word	$Rd = Rd + Rr + K$	Z, C, NVS	2
ASR	Rd, Rr	Arithmetic Right Shift	$Rd = Rd \gg Rr$	Z, C, NVH	1
BR	Rd, K	Branch Constant from Register	$Rd = Rd + K$	Z, C, NVH	1
BRD	Rd, Rr	Branch with Carry Two Registers	$Rd = Rd + Rr + C$	Z, C, NVH	1
BRD	Rd, K	Branch with Carry Constant from Reg	$Rd = Rd + Rr + C$	Z, C, NVH	1
BRW	Rd, K	Branch Immediate from Word	$Rd = Rd + Rr + K$	Z, C, NVS	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd = Rd \& Rr$	Z, NV	1
AND	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd = Rd \& K$	Z, NV	1
ORI	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd = Rd Rr$	Z, NV	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd = Rd K$	Z, NV	1
LDOR	Rd, Rr	Load Word from Register	$Rd = Rd \& Rr$	Z, NV	1
COM	Rd	One's Complement	$Rd = \sim Rd$	Z, NV	1
MOV	Rd, Rr	Two's Complement	$Rd = 255 - Rd$	Z, C, NVH	1
RRR	Rd, K	Rotate Right in Register	$Rd = Rd \gg K$	Z, NV	1
RRR	Rd, K	Rotate Right in Register	$Rd = Rd \gg K$	Z, NV	1
INC	Rd	Increment	$Rd = Rd + 1$	Z, NV	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd = Rd - 1$	Z, NV	1
NEG	Rd	Negate	$Rd = \sim Rd$	Z, NV	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd = 0$	Z, NV	1
SET	Rd	Set Register	$Rd = 1$	None	1
MUL	Rd, Rr	Unsigned Multiply	$R16 = Rd \times Rr$	Z, C	2
MULS	Rd, Rr	Signed Multiply	$R16 = Rd \times Rr$	Z, C	2
MULSU	Rd, Rr	Unsigned Multiply with Unsigned	$R16 = Rd \times Rr$	Z, C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R16 = (Rd \times Rr) \ll 1$	Z, C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R16 = (Rd \times Rr) \ll 1$	Z, C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R16 = (Rd \times Rr) \ll 1$	Z, C	2
BRANCH INSTRUCTIONS					
JMP	K	Unconditional Jump	$PC = PC + K + 1$	None	2
LD	K	Indirect Jump to Z	$PC = Z$	None	2
JMP	K	Direct Jump	$PC = K$	None	3
ICALL	K	Indirect Subroutine Call	$PC = PC + K + 1$	None	3
CALL	K	Indirect Call to Z	$PC = Z$	None	3
CALL	K	Direct Subroutine Call	$PC = K$	None	4
RET		Subroutine Return	$PC = STACK$	None	4
RET		Interrupt Return	$PC = STACK$	1	4
CPSE	Rd, Rr	Compare Skip if Equal	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
CP	Rd, Rr	Compare	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1
CPC	Rd, Rr	Compare with Carry	$Rd = Rr - C$	Z, NV, C, H	1
CPI	Rd, K	Compare Register with Immediate	$Rd = K$	Z, NV, C, H	1
BRSC	Rd, Rr	Branch if Set or Carry Cleared	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSS	Rd, Rr	Branch if Set or Carry Set	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSH	Rd, Rr	Branch if Set or Half Carry Cleared	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSS	Rd, Rr	Branch if Set or Half Carry Set	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSC	Rd, Rr	Branch if Set or Carry Cleared	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSS	Rd, Rr	Branch if Set or Carry Set	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSH	Rd, Rr	Branch if Set or Half Carry Cleared	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSS	Rd, Rr	Branch if Set or Half Carry Set	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSC	Rd, Rr	Branch if Set or Carry Cleared	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSS	Rd, Rr	Branch if Set or Carry Set	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSH	Rd, Rr	Branch if Set or Half Carry Cleared	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSS	Rd, Rr	Branch if Set or Half Carry Set	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSC	Rd, Rr	Branch if Set or Carry Cleared	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSS	Rd, Rr	Branch if Set or Carry Set	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSH	Rd, Rr	Branch if Set or Half Carry Cleared	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSS	Rd, Rr	Branch if Set or Half Carry Set	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSC	Rd, Rr	Branch if Set or Carry Cleared	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSS	Rd, Rr	Branch if Set or Carry Set	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSH	Rd, Rr	Branch if Set or Half Carry Cleared	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSS	Rd, Rr	Branch if Set or Half Carry Set	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSC	Rd, Rr	Branch if Set or Carry Cleared	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSS	Rd, Rr	Branch if Set or Carry Set	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSH	Rd, Rr	Branch if Set or Half Carry Cleared	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3
BRSS	Rd, Rr	Branch if Set or Half Carry Set	$Rd = Rr$	Z, NV, C, H	1/2/3

Instruction Set Summary (Continued)

Mnemonic	Operands	Description	Operation	Flags	#Cycles
BRSC	k	Branch if Interrupt Disabled	$J \text{ if } (I = 0) \text{ then } PC = PC + k + 1$	None	1/2
BRSH	k	Branch if Interrupt Disabled	$J \text{ if } (I = 0) \text{ then } PC = PC + k + 1$	None	1/2
DATA TRANSFER INSTRUCTIONS					
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	$Rd = Rr$	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	$Rd \leftarrow Rr \ll 16$	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	$Rd = K$	None	1
LDD	Rd, Rr	Load Indirect	$Rd = [Rr]$	None	2
LDD	Rd, Rr	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd = [Rr]; Rr = Rr + 1$	None	2
LDD	Rd, Rr	Load Indirect and Pre-Dec.	$Rr = Rr - 1; Rd = [Rr]$	None	2
LDD	Rd, Y	Load Indirect	$Rd = [Y]$	None	2
LDD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd = [Y]; Y = Y + 1$	None	2
LDD	Rd, Y-	Load Indirect and Pre-Dec.	$Y = Y - 1; Rd = [Y]$	None	2
LDD	Rd, Y+16	Load Indirect with Displacement	$Rd = [Y + 16]$	None	2
LDD	Rd, Z	Load Indirect	$Rd = [Z]$	None	2
LDD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd = [Z]; Z = Z + 1$	None	2
LDD	Rd, Z-	Load Indirect and Pre-Dec.	$Z = Z - 1; Rd = [Z]$	None	2
LDD	Rd, Z+16	Load Indirect with Displacement	$Rd = [Z + 16]$	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	$Rd = [k]$	None	2
ST	Rr, Rr	Store Indirect	$[Rr] = Rr$	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$[X] = Rr; X = X + 1$	None	2
ST	X-, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$X = X - 1; [X] = Rr$	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	$[Y] = Rr$	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$[Y] = Rr; Y = Y + 1$	None	2
ST	Y-, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$Y = Y - 1; [Y] = Rr$	None	2
STD	Y+16, Rr	Store Indirect with Displacement	$[Y + 16] = Rr$	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	$[Z] = Rr$	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$[Z] = Rr; Z = Z + 1$	None	2
ST	Z-, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$Z = Z - 1; [Z] = Rr$	None	2
STD	Z+16, Rr	Store Indirect with Displacement	$[Z + 16] = Rr$	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	$[k] = Rr$	None	2
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	$Rd = [Z]$	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	$Rd = [Z]$	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc.	$Rd = [Z]; Z = Z + 1$	None	3
ELPM	Rd, Z	Extended Load Program Memory	$Rd = \text{RAMF}[Z]$	None	3
ELPM	Rd, Z	Extended Load Program Memory	$Rd = \text{RAMF}[Z]$	None	3
ELPM	Rd, Z+	Extended Load Program Memory and Post-Inc.	$Rd = \text{RAMF}[Z]; \text{RAMF}[Z] = \text{RAMF}[Z + 1]$	None	3
SPM		Store Program Memory	$[Z] = [Rd]$	None	-
IN	Rd, P	In Port	$Rd = P$	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	$P = Rr$	None	1
POP	Rr	Push Register on Stack	$\text{STACK} = Rr$	None	2
POP	Rr	Pop Register from Stack	$Rr = \text{STACK}$	None	2
BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS					
BSR	P, D	Set Bit in I/O Register	$\text{IOP}[D] = 1$	None	2
BSR	P, D	Clear Bit in I/O Register	$\text{IOP}[D] = 0$	None	2
LSD	Rd	Logical Shift Left	$\text{Rd} \leftarrow \text{Rd} \ll 1; \text{Rd}[0] = 0$	Z, C, N, V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	$\text{Rd} \leftarrow \text{Rd} \gg 1; \text{Rd}[7] = 0$	Z, C, N, V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	$\text{Rd} \leftarrow \text{Rd} \ll 1; \text{Rd}[0] = \text{Rd}[7]$	Z, C, N, V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	$\text{Rd} \leftarrow \text{Rd} \gg 1; \text{Rd}[7] = \text{Rd}[0]$	Z, C, N, V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	$\text{Rd} \leftarrow \text{Rd} \gg 1; \text{Rd}[7] = \text{Rd}[7]$	Z, C, N, V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	$\text{Rd} \leftarrow \text{Rd} \gg 4; \text{Rd} \leftarrow \text{Rd} \ll 4$	None	1
SEI	k	Flag Set	$\text{SREG} \leftarrow \text{SREG} \vee k$	SREG	1
CLI	k	Flag Clear	$\text{SREG} \leftarrow \text{SREG} \wedge k$	SREG	1
STC	Sr, b	Set Store from Register to T	$T = \text{Rd}[b]$	T	1
STD	Rd, b	Set Store from T to Register	$\text{Rd}[b] = T$	None	1
SEC		Set Carry	$C = 1$	C	1
CLE		Clear Carry	$C = 0$	C	1
SEN		Set Negative Flag	$N = 1$	N	1
CLN		Clear Negative Flag	$N = 0$	N	1
SEZ		Set Zero Flag	$Z = 1$	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	$Z = 0$	Z	1
SET		Global Interrupt Enable	$I = 1$	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	$I = 0$	I	1
SEB		Set Signed Test Flag	$S = 1$	S	1
CLB		Clear Signed Test Flag	$S = 0$	S	1

Packaging Information
64A


64M1



BIOGAS PURIFICATION SYSTEM MANUAL BOOK



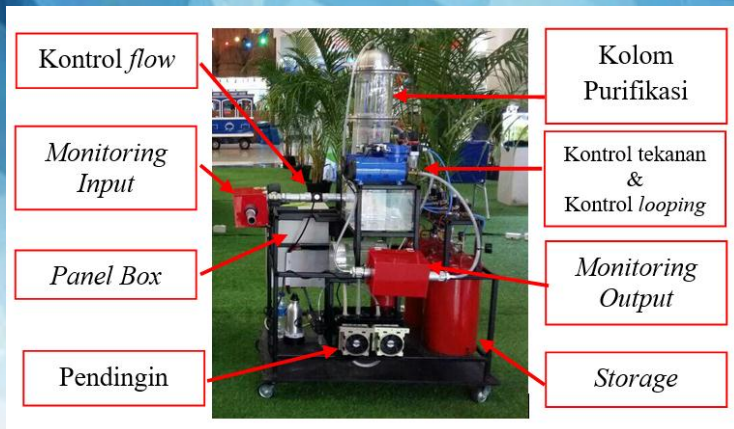
GAMBARAN UMUM ALAT

Biogas Purification System adalah gagasan inovasi dalam pemurnian biogas yang mengkombinasikan antara sistem absorpsi fisika dengan sistem adsorpsi kimia dalam satu kolom yang dirancang secara otomatis. Sistem absorpsi fisika yang digunakan pada alat ini menggunakan *water scrubber* dengan temperatur air antara 10-15°C. Hasil dari absorpsi fisika ini dapat melarutkan kadar H_2S , CO_2 dan PM dengan tingkat kelarutan gas sebanding dengan rendahnya temperatur air pada *water scrubber*. Sedangkan pada sistem adsorpsi kimia alat ini menggunakan zat kimia CaO apabila bereaksi dengan gas biogas dapat mengurangi kadar CO_2 dan $CaCl_2$ apabila bereaksi dengan gas biogas dapat mengurangi kadar air dalam biogas. Selain itu ***Biogas Purification System*** juga dilengkapi dengan sistem kontrol meliputi sistem kontrol temperatur pada *water cooling system*, sistem kontrol tekanan pada *biogas storage*, serta sistem *monitoring* kadar gas H_2S , CO_2 , CH_4 pada *inlet* dan *outlet* purifikasi biogas yang saling terintegrasi. ***Biogas Purification System*** sangat sesuai digunakan oleh pengguna biogas di Indonesia karena alat ini merupakan alat purifikasi yang efektif, efisien, dan sekaligus menggunakan bahan pemurnian yang relatif mudah untuk diregenerasi secara lokal di wilayah Indonesia.

SPESIFIKASI ALAT

1. Sistem Pendingin Air
2. Sensor Gas
 - H_2S : MQ-136
 - CH_4 : MQ-4
 - CO_2 : MG-811
3. Sensor Tekanan (MPX5500DP)
4. Mini Kompresor
5. Sensor Flow G1
6. *Water Scrubber System*
7. Mikrokontroller ATmega128
8. *Storage Tank*
 - Tinggi : 38 cm
 - Diameter: 21 cm
9. *Display LCD 4x20*
10. Kolom Purifikasi
 - Tinggi : 80 cm
 - Diameter: 15 cm
11. *Spray atau Nozzle*
12. *Sieve Plate Tray Trap*
13. *Stepper*
14. *Solenoid Valve*
15. Sensor DHT

DESKRIPSI ALAT



Gambar Plant Purifikasi Biogas

Plant ini dilengkapi dengan kontrol flow gas inlet, monitoring gas, kontrol H_2S , kontrol tekanan dan juga IoT. Adapun penjelasannya sebagai berikut :

1. Kontrol Flow Inlet

Sistem *control flow* ini bertujuan untuk mengatur laju aliran yang akan memasuki kolom purifikasi agar hasil dari biogas dalam purifikasi dapat lebih efektif.

Berikut adalah komponen yang digunakan pada sistem control flow inlet pada purifikasi biogas :

- Sensor Flowmeter G 1"

Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi aliran biogas yang melewati pipa inlet purifikasi biogas. Sensor ini diatur dengan setpoint sebesar 5 L/min.

- ATmega 128
ATmega 128 merupakan kontroler yang berfungsi untuk mengontrol semua sinyal yang diperintahkan oleh sensor untuk menggerakkan actuator.
- Motor Stepper
Motor stepper adalah actuator atau penggerak. Motor stepper ini juga bisa disebut keran otomatis yang dapat membuka atau menutup secara otomatis ketika laju aliran yang telah dideteksi oleh sensor tidak sesuai dengan set point yang telah ditetapkan yaitu 5 L/min. Motor stepper ini juga dilengkapi dengan driver motor yang berada pada panel box guna untuk pengkondisian sinyal yang akan diproses pada ATmega128.

2. Monitoring Gas

Sistem monitoring kadar gas ini meliputi gas CH₄, CO₂, dan H₂S. sistem monitoring ini berfungsi untuk tujuan sehingga dapat mengetahui kualitas kandungan gas CH₄, karena kadar CH₄ sangat menentukan kualitas dari biogas. Sedangkan kadar CO₂ dan H₂S perlu dimonitoring untuk memastikan keamanan, melindungi, mengantisipasi serta menyiapkan pemeliharaan / maintenance peralatan sebab kadung gas tersebut merupakan kadar pengotor pada biogas yang dapat merusak peralatan pengaplikasian biogas.

Sistem monitoring ini terletak pada bagian inlet dan outlet kolom purifikasi, sehingga dapat terlihat perbandingan antara biogas sebelum atau sesudah

memasuki kolom purifikasi dan dapat terlihat efektifitas dari proses purifikasi tersebut.

Berikut ini adalah komponen yang digunakan untuk sistem monitoring kadar gas pada sistem purifikasi biogas :

- Sensor (MG-811, MQ-136 dan MQ-4)
Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi kandungan gas yang berada pada biogas. Sensor MG-811 berfungsi untuk mendeteksi kadar CO₂. MQ-136 berfungsi untuk mendeteksi H₂S. dan sensor MQ-4 dapat berfungsi untuk mendeteksi gas CH₄.
- ATmega 128
ATmega 128 berfungsi sebagai prosesor yang memproses seluruh sinyal agar dapat bekerja sesuai yang diinginkan.
- RTC (Real Time Clock)
RTC ini berfungsi sebagai penampil waktu yang sebenarnya. Dilengkapi dengan baterai CMOS agar dapat selalu berkerja meskipun pant dalam kondisi mati, dan ketika dihidupkan maka waktu yang ditampilkan dapat menunjukan waktu sebenarnya tanpa harus mensetting ulang.
- SDcard
SDcard merupakan memory yangh digunakan untuk merekam/menyimpan seluruh hasil variable yang telah diukur. SDcard ini mampu menyimpan data yang bekerja setiap detik.

3. Kontrol H₂S

Sistem *control* H₂S ini berfungsi untuk mengatur kadar H₂S yang akan keluar pada kolom purifikasi, agar kadar biogas yang keluar dari kolom purifikasi dapat memenuhi standar yang telah diinginkan.

Berikut adalah komponen yang digunakan pada sistem control H₂S :

- Sensor H₂S (MQ-136)
Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi kadar H₂S yang ada pada biogas. Sensor ini diatur dengan setpoint sebesar 3 ppm.
- ATmega 128
ATmega 128 merupakan kontroler yang berfungsi untuk mengontrol semua sinyal yang diperintahkan oleh sensor untuk menggerakkan actuator.
- Solenoid
Solenoid berfungsi sebagai actuator atau penggerak. Pada sistem ini menggunakan 2 solenoid untuk mengatur aliran biogas. Solenoid (a) akan menyala ketika sensor mendeteksi kadar H₂S > 3 ppm. Yang artinya aliran biogas akan ditarik kembali untuk memasuki kolom purifikasi untuk di proses ulang. Sedangkan solenoid (b) akan aktif ketika kadar H₂S < 3 ppm. Maka aliran biogas akan diteruskan keluar dari kolom purifikasi menuju proses selanjutnya.

4. Kontrol Tekanan

Sistem kontrol tekanan berfungsi untuk mengatur tekanan dalam *storage tank* agar tekanan

didalamnya bisa tetap stabil dan dapat sesuai dengan yang telah ditentukan.

Komponen yang digunakan pada system kontrol tekanan ini meliputi:

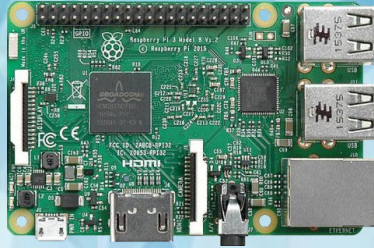
- **Sensor tekanan (MPX5500DP)**
Sensor tekanan difungsikan untuk mendeteksi tekanan didalam *storage tank* dimana *setpoint* yang digunakan sebesar 5Psi sebagai batas bawah dan 25Psi sebagai batas atas.
- **Mikrokontroller ATmega 128**
Mikrokontroller berfungsi sebagai pengontrol semua sinyal yang berasal dari sensor untuk menggerakkan aktuator.
- **Solenoid Valve**
Solenoid Valve berfungsi sebagai aktuator yang bersifat *on/off*. *Solenoid valve* yang digunakan pada kontrol tekanan ini berjumlah 4 buah yaitu *solenoid valve* 1 dan 2 sebagai input kemudian *solenoid valve* 3 dan 4 sebagai output. Input akan membuka ketika tekanan 5 Psi dan menutup ketika tekanan telah mencapai 25 Psi, sedangkan *solenoid valve* 3 dan 4 akan membuka ketika tekanan 25 Psi dan menutup ketika tekanan 5 Psi. Untuk tahapan terakhir outputan gas dari *storage tank* akan diteruskan menuju generator.

5. IoT

Sistem kontrol tekanan berfungsi untuk mengatur tekanan dalam *storage tank* agar tekanan didalamnya bisa tetap stabil dan dapat sesuai dengan yang telah ditentukan.

Komponen yang digunakan pada system kontrol tekanan ini meliputi:

1. Raspberry Pi3



2. Smartphone Android

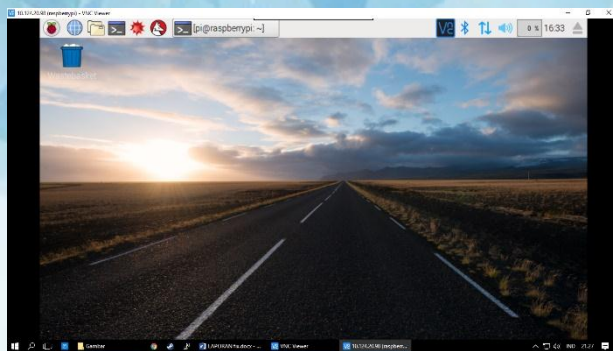


3. Laptop



Cara penggunaan

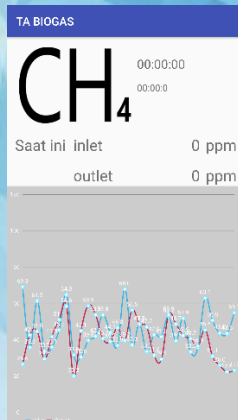
1. Pastikan raspberry pi sudah tersambung pada plant purifikasi biogas
2. Nyalakan raspberry pi dan akan tampil layar pada gambar berikut



3. Akan keluar tampilan seperti ini apabila data sudah masuk ke database

A screenshot of a Raspberry Pi terminal window. The terminal displays several lines of error messages, including "ERROR: cannot open ELP file", "Bad NaCl helper", and "ERROR: cannot open ELP file". The terminal also shows a prompt "pi@raspberrypi:~\$" and a cursor. The window title bar indicates the terminal is running on a Raspberry Pi.

4. Hasil pada tampilan smartpho



PROSEDUR PENGGUNAAN

Untuk mengaktifkan plant purifikasi biogas ini perlu diperhatikan cara operasionalnya, yaitu sebagai berikut:

1. Pastikan semua wiring rangkaian sudah terpasang dengan benar dan baik.
2. Pastikan tidak ada kebocoran pada masing-masing bagian plant
3. Pastikan pemasangan sensor sudah dilakukan dengan baik dan benar.
4. Pastikan sambungan kabel yang terhubung dengan tegangan AC terhubung dengan benar dan pastikan tidak ada kabel yang terkelupas.
5. Pastikan apakah power supply untuk controller dan bagian-bagian lainnya telah terpasang dan terhubung dengan benar.
6. Sambungkan selang pada inlet purifikasi. Selang harus berukuran 5x8 mm agar dapat masuk ke sambungan pipa inlet purifikasi
7. pasang kabel pada stopkontak.
8. Nyalakan MCB yang berada pada dalam panel untuk menyalakan power supply 12V.
9. Tekan tombol ON/OFF pada pintu panel box yang berfungsi untuk menyalakan power supply 5V.
10. Maka sistem purifikasi berhasil dinyalakan dan siap digunakan.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 29 Juli 1996 dengan diberi nama Endlys Devira Yonando. Bapak bernama Aloysius Suyatno Yonando, Ibu bernama Endah Maryanti, Kakak perempuan bernama Loynda Yonando dan adik laki-laki bernama Losendra Primamas Yonando. Penulis telah menyelesaikan studi di SDN Kedurus III/430 Surabaya pada tahun 2008, SMP Katolik Santo Yosef Surabaya pada tahun 2011, SMA Negeri 16 Surabaya pada tahun 2014, dan kemudian melanjutkan kuliah di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Program Studi D3 Teknik Instrumentasi pada tahun 2014. Bidang minat yang ditekuni yaitu riset teknologi dan karya tulis ilmiah. Pengalaman magang (*on job training* / kerja praktek) di PT. Pusdiklat Migas Cepu, Jawa Tengah dengan judul: Ketrampilan Kalibrasi *Differential Pressure Transmitter* Menggunakan *Hart Communication* di Bengkel Instrument PPSDM MIGAS CEPU KAB. Blora – Jawa Tengah. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui nomor telepon 081230623440 atau email endllysdevira29@gmail.com.

Motto hidup: *Belajarliah untuk selalu bersabar dan tetap berusaha, karena Allah telah mempersiapkan apapun untuk mu sebelum kamu memintanya.*